

Design in the Digital Age

Technology
Nature
Culture

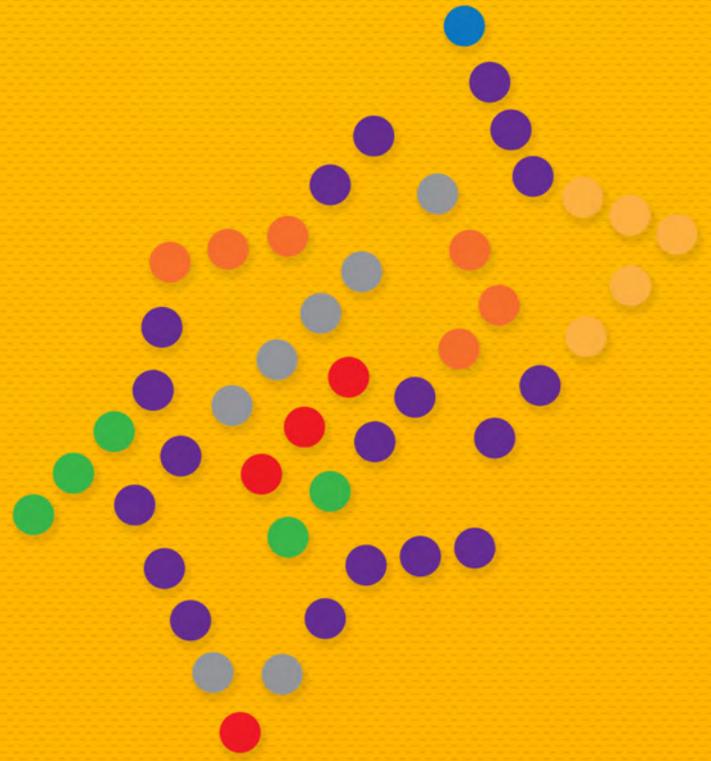


SIT_{dA} Società Italiana della
Tecnologia dell'Architettura



neapōlis

DIADNC | dipartimento di architettura
università degli studi di napoli federico II



Il Progetto nell'Era Digitale

Tecnologia
Natura
Cultura

a cura di
Massimo Perriccioli
Marina Rigillo
Sergio Russo Ermolli
Fabrizio Tucci

MASSIMO PERRICCIOLI
Professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura
DiARC - Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Napoli Federico II

MARINA RIGILLO
Professore associato di Tecnologia dell'Architettura
DiARC - Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Napoli Federico II

SERGIO RUSSO ERMOLLI
Professore associato di Tecnologia dell'Architettura
DiARC - Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Napoli Federico II

FABRIZIO TUCCI
Professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura
PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura
Sapienza Università di Roma

ISBN 978-88-916-4327-8

© 2020 by Authors

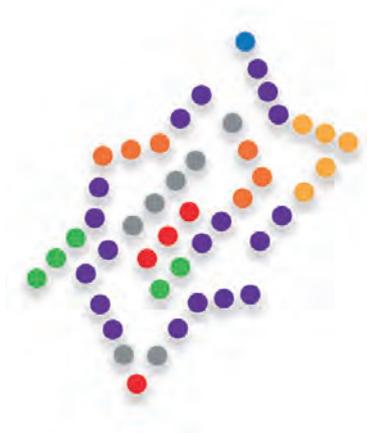
Published in November 2020

Maggioli Editore is part of Maggioli S.p.A
ISO 9001 : 2015 Certified Company
47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it

e-mail: clienti.editore@maggioli.it

All rights reserved. No part of this publication may be translated, reproduced, stored or introduced into a retrieval system, or transmitted, in any form, or by any means (electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise) without prior written permission from the publisher.



Call for paper promossa in occasione del Convegno Internazionale
“Design in the Digital Age. Technology, Nature, Culture”

Napoli, 1-2 Luglio 2021

SITdA - Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura
DiARC - Dipartimento di Architettura - Università di Napoli Federico II

Comitato Scientifico/Scientific Committee

Vicente Guallart, Guallart Architects
Thomas Herzog, Thomas Herzog Architekten, Socio Onorario SITdA
Matteo Lorito, Rettore dell'Università degli Studi di Napoli Federico II
Mario Losasso, Università degli Studi di Napoli Federico II, Past President SITdA
Maria Teresa Lucarelli, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Presidente SITdA
Gaetano Manfredi, Ministro dell'Università e della Ricerca
Fabrizio Schiaffonati, Politecnico di Milano, Socio Onorario SITdA
Bernard Stiegler, Institut de Recherche et d'Innovation, Paris
Martin Tamke, The Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen

Coordinamento Scientifico/Scientific Coordination

Ernesto Antonini
Eliana Cangelli
Valeria D'Ambrosio
Laura Daglio
Pietromaria Davoli
Massimo Lauria
Elena Germana Mussinelli
Massimo Perriccioli
Sergio Russo Ermolli
Fabrizio Tucci

Segreteria SITdA/SITdA Secretariat

Antonella Violano

Comitato organizzativo di Sede/Coordination Committee of Naples

Paola Ascione
Erminia Attaianese
Eduardo Bassolino
Mariangela Bellomo
Alessandro Claudi de St. Mihiel
Valeria D'Ambrosio
Paola De Joanna
Katia Fabbri
Antonella Falotico
Mattia Leone
Pietro Nunziante
Massimo Perriccioli (responsabile)
Marina Rigillo
Sergio Russo Ermolli
Serena Viola

Coordinamento organizzativo/Organizing Committee

Maria Azzalin
Enza Tersigni

Segreteria organizzativa/Organizing Secretariat

Anita Bianco
Marina Block
Francesca Ciampa
Maria Fabrizia Clemente
Ivana Coletta
Federica Dell'Acqua
Giuliano Galluccio
Giovanni Nocerino
Giuseppe Vaccaro
Giovangiuseppe Vannelli
Sara Verde

Grafica e comunicazione multimediale/Graphic and multimedia communication

Raffaele Catuogno
Vincenzo Pinto

PRESENTAZIONE

All'ampia pubblicistica che in questi ultimi anni SITdA – Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura ha realizzato come esito delle numerose attività promosse, si aggiunge un testo di grande interesse per densità e significatività di contenuti: “*Design in the digital age. Technology Nature Culture*”; questo è il titolo della pubblicazione pensata all'interno di un progetto più ampio che prevedeva la presentazione nell'omonimo Convegno Internazionale, programmato a Napoli per Giugno 2020 e rimandato per l'insorgere della pandemia.

La relativa *call for paper* nasceva da un'esigenza di approfondimento, ma anche di allargamento del dibattito già avviato all'interno della Società Scientifica in altre occasioni di confronto, in particolare nel Convegno “La Produzione del Progetto”¹ (2018) dove sono state evidenziate le trasformazioni indotte sull'attività progettuale, dai cambiamenti climatici e dalle emergenze ambientali, dalla digitalizzazione e dalle ICT, oltre che dalla perdurante crisi economica.

Tuttavia, l'evoluzione assai rapida che la *cultura* del progetto sta subendo – sia per i drammatici eventi climatici e sanitari che prefigurano nuovi scenari anche dell'Architettura, sia per la sempre maggiore diffusione delle tecnologie digitali che introducono nuovi paradigmi cognitivi e operativi – ha imposto un ulteriore e necessario passo avanti nel ragionamento che inevitabilmente guardi a un nuovo rapporto «... tra Tecnologia e Ambiente (Natura) [...] secondo una prospettiva evolutiva», così come emerso dalla *call for paper* del Convegno².

Accogliendo questa sfida ambiziosa, il volume prende sostanza da 92 stimolanti contributi di un'ampia comunità scientifica, interessata ad avviare – come evidenzia Massimo Perriccioli nell'Introduzione – un ragionamento sul “progetto” (e sulla sua cultura) «... come un potente strumento per formulare le giuste domande da porsi di fronte alle sfide del presente e come un progressivo agente di cambiamento sociale, politico, ambientale per il miglioramento delle condizioni di vita sul nostro pianeta».

La stessa struttura del testo è delineata sulla base di un percorso consapevolmente ragionato, che individua, attraverso i tre *topics* proposti, possibili nuovi approcci al progetto contemporaneo, in cui la Tecnologia dell'Architettura sia capace di generare nuovi modi di produrre, di costruire e di abitare in armonia con i sistemi naturali. Un obiettivo, quindi, per partecipare all'evoluzione del pensiero scientifico accrescendo la conoscenza sui temi proposti, come ben si evince dai contributi critici dei tre “*discussant*” nell'avviare alle articolate tematiche dei *topics*.

Conoscendo, quindi, la complessità del progetto editoriale – che ha richiesto una notevole impegno da parte degli autori e dei curatori, ma anche la capacità di superare le difficoltà organizzative determinate dalla pandemia – la presentazione di questo volume assume per la Società Scientifica più valenze: è motivo di soddisfazione per gli interessanti esiti raggiunti, da cui emerge chiara la consapevolezza della trasformazione profonda indotta dalla cultura digitale e, contestualmente, dell'importanza di possibili, auspicate sinergie tra Tecnologia e Natura/Ambiente. Allo stesso tempo il testo rappresenta uno stimolo alla riflessione ma anche all'azione, compito che, in un momento complesso di transizione quale quello che viviamo, la cultura, la scienza e la ricerca devono assumersi.

E questa è una delle *missioni* di SITdA.

Maria Teresa Lucarelli

Presidente della SITdA – Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura

¹ Si fa riferimento al Convegno SITdA “*La Produzione del Progetto*” organizzato a Reggio Calabria nel Giugno 2018

² Call for paper del Convegno Internazionale, Napoli 2020 “*Il progetto nell'era digitale. Tecnologia, Natura, Cultura*”, 2019 - www.sitda.net

FOREWORD

In addition to the extensive publications that SITdA – Italian Society of Architecture Technology has carried out in recent years as a result of the many activities promoted, there is a text of great interest for the density and significance of its contents: “Design in the digital age. Technology Nature Culture”; this is the title of the volume conceived as part of a wider project to be launched at the homonymous International Conference, scheduled for June 2020 in Naples and postponed due to the pandemic outbreak.

The relative call for papers was intended to deepen, but also to widen the debate already started within the Scientific Society on other occasions of debates, especially in the Conference “La Produzione del Progetto”¹ (2018), that highlighted the changes induced by the design activity, climate change and environmental emergencies, digitization and ICT, as well as the ongoing economic crisis.

Nevertheless, the very rapid evolution that the project culture is undergoing – both because of the dramatic climatic and sanitary emergencies that foreshadow new scenarios even in Architecture, and because of the increasing diffusion of digital technologies that introduce new cognitive and operational paradigms – has imposed a further and necessary step forward in the reasoning that looks inevitably at a new relationship «... between Technology and Environment (Nature) [...] according to a co-evolutionary perspective», as emerged from the Conference call for papers².

Accepting this ambitious challenge, the volume draws on 92 stimulating contributions from a wide scientific community, interested in starting – as Massimo Perriccioli points out in the Introduction – a reasoning on the “project” (and its culture) «as a powerful tool to formulate the right questions to face the challenges of the present and as a progressive agent of social, political, environmental change for the improvement of living conditions on our planet».

The structure of the text itself is outlined on the basis of a consciously reasoned path, which identifies, through the three proposed topics, possible new approaches to contemporary design, in which Architecture Technology can lead to new ways of producing, building and living in harmony with natural systems. Thus, an objective to contribute to the evolution of scientific thought by increasing knowledge of the suggested issues, as it emerges from the critical contributions of the three “discussants” in introducing the articulated themes of the topics.

14

Therefore, knowing the complexity of the editorial project – which required a significant commitment from authors and editors, but also the ability to overcome the organizational constraints due to the pandemic – the presentation of this volume acquires several meanings for the Scientific Society: it is a source of satisfaction for the interesting results achieved, which clearly shows the awareness of the deep transformation induced by digital culture and, at the same time, the importance of possible, desired synergies between Technology and Nature/Environment.

At the same time the text is a stimulus for reflection but also for action, a task which, in a complex moment of transition like the current one, culture, science and research must undertake.

And this is certainly one of SITdA’s missions.

Maria Teresa Lucarelli

President of SITdA – Italian Society of Architecture Technology

¹ A reference is made to the SITdA Conference “La Produzione del Progetto” held in Reggio Calabria in June 2018

² Call for papers of the International Conference, Naples 2020 “Design in the digital age. Technology, Nature, Culture”, 2019 – www.sitda.net

LA DIMENSIONE ECOLOGICA DEL PROGETTO NELL'ERA DIGITALE

Massimo Perriccioli¹

¹ DiARC-Department of Architecture, University of Naples Federico II, massimo.perriccioli@unina.it

Affrontare il tema del progetto nell'era digitale rappresenta una sfida per tutti gli studiosi ed i ricercatori impegnati nel difficile compito di individuare le coordinate delle mappe utili alla comprensione dei cambiamenti in atto nella cultura del progetto del nostro tempo.

È con questo spirito di sfida che è stata immaginata la *call for paper Design in the Digital Age. Technology, Nature, Culture*.

I tre *topics* in cui è articolata la *call* provano a focalizzare alcune delle dimensioni che definiscono il tema del progetto nell'era digitale, ponendo la Tecnologia in una prospettiva ecologica come fattore di mediazione nel rapporto tra Natura e Cultura. La *call* si struttura intorno ad una sequenza di questioni che spaziano dall'evoluzione dell'approccio eco-sistemico al progetto alla costruzione di una nuova cultura materiale, spingendosi fino alla generazione di *habitat innovativi*. Questioni di grande attualità che sottendono la presa d'atto delle profonde trasformazioni che stanno avvenendo nei contesti socio-tecnici, nei processi di progettazione/produzione di beni e servizi, nella ricerca di nuove forme di spazio-ambiente e di nuove pratiche insediative/abitative capaci di rinnovare le relazioni tra uomo e natura.

Una "chiamata" per certi versi ambiziosa ma necessaria per testare il livello di coinvolgimento su questi temi della comunità scientifica della Tecnologia dell'Architettura e per avviare un promettente dialogo con ricercatori di altre comunità che, seppur impegnati in altre discipline, intendono il progetto come un potente strumento per formulare le giuste domande da porsi di fronte alle sfide del presente e come un progressivo agente di cambiamento sociale, politico, ambientale per il miglioramento delle condizioni di vita sul nostro pianeta.

I saggi raccolti in questo volume costituiscono nel loro insieme una costellazione di idee, riflessioni, posizioni e proposte che, nel quadro della crisi epistemologica che investe le ragioni, il senso e le strutture stesse del progetto, possono aiutarci a comprendere in che modo l'ubiquità digitale sta trasformando profondamente il ruolo della cultura progettuale nel rapporto tra

tecnica e natura in una transizione storica fragile e piena di incertezze che trova la sua concretizzazione tematica perfetta e la materializzazione del suo immaginario di crisi all'interno di uno scenario pervasivo ed inquietante di cambiamenti climatici e sociali con enormi ricadute di tipo politico, economico e produttivo.

L'avvento della digitalizzazione ha determinato una svolta radicale nei confronti del mondo novecentesco il cui portato si può misurare sia nel campo della trasformazione strumentale riscontrabile nei processi di produzione del progetto, sia nella paradigmatica connotazione culturale che consente di configurare una nuova dimensione della ricerca progettuale all'interno di un rinnovato senso del binomio cultura/natura.

La "svolta digitale" si propone come una nuova cultura, al tempo stesso ideativa, progettuale e produttiva che espande la sfera cognitiva socio-tecnica nella contemporaneità: mutano le condizioni conoscitive, formative e operative del progetto di architettura, cambiano le prospettive ed i ruoli di coloro che agiscono nei processi progettuali (Carpo, 2017). Il cambiamento del quadro di riferimento e lo spostamento dell'orizzonte di senso si attuano attraverso una progressiva riduzione dello spazio di separazione fra produzione, progettazione, cicli di vita dei prodotti e dei manufatti architettonici che tendono a svilupparsi secondo un *continuum* interagente.

Le tecnologie digitali trasformano la cultura materiale della contemporaneità secondo una transizione da oggetti, usi e standard verso sistemi in cui prevalgono le informazioni e le relazioni, da progetti autoriali a modelli *open-source*, da processi di tipo lineare e caratterizzati da retroazioni verso processi di tipo reticolare gerarchizzato, da tecnologie statiche e localizzate a dispositivi ubiqui, pervasivi e interattivi. La categoria moderna dell'ordine acquista liquidità e, pertanto, non è più conseguenza di separazioni, distribuzioni, divisioni ma è l'esito di condizioni relazionali complesse, sistemiche ed ecologiche nel campo della natura e della cultura.

Il cambio di paradigma avvenuto nel campo delle tecnologie

THE ECOLOGICAL DIMENSION OF DESIGN IN THE DIGITAL AGE

To address the theme of the design in the digital age is a challenge for all scholars and researchers engaged in the difficult task of identifying the coordinates of the maps useful to understand the changes taking place in the design culture of our time.

It is with this spirit of challenge that the call for paper "Design in the Digital Age. Technology, Nature, Culture" has been conceived.

The three topics in which the call is articulated try to focus some of the dimensions that define the theme of the design in the digital age, placing Technology in an ecological perspective as a mediating factor in the relationship between Nature and Culture. The call is organized in a sequence of issues going from the

evolution of the eco-systemic approach to the design to the construction of a new material culture, and to the generation of innovative habitats. They are issues of great actuality that underlie the acknowledgement of the deep transformations that are taking place in social-technical contexts, in the processes of design/production of goods and services, in the search for new forms of space-environment and new settlement/ housing practices able to renew the relationships between man and nature.

A "call" in some ways ambitious but necessary to test the level of involvement on these issues of the scientific community of Technology of Architecture and to start a hopeful dialogue with researchers from other communities who, although engaged in other disciplines, understand the project as a powerful tool to formulate the right questions to face the challenges of the present

and as a progressive agent of social, political, environmental change for the improvement of living conditions on our planet.

The essays collected in this volume together constitute a constellation of ideas, reflections, positions and proposals that, in the context of the epistemological crisis that affects the reasons, the meaning and the structures of the project, can help us to understand how digital ubiquity is radically changing the role of design culture in the relationship between technology and nature in a fragile and uncertain historical transition that finds its perfect thematic concretization and the materialization of its imaginary crisis within a pervasive and disturbing scenario of climate and social changes with huge political, economic and productive repercussions.

The rise of digitization has generated a radical turning point in

the twentieth century world, whose impact can be measured both in the field of instrumental transformation that can be found in the production processes of the project, and in the paradigmatic cultural connotation that allows to outline a new dimension of design research within a renewed sense of the binomial culture/nature.

The "digital turn" is proposed as a new culture, at the same time ideative, design and productive, which expands the cognitive and socio-technical cognitive sphere in the contemporary world: the cognitive, formative and operative conditions of the architectural project change as the perspectives and the roles of those who act in the design processes (Carpo, 2017). The change of the reference framework and the shift of the horizon of meaning are implemented through a progressive reduction of the separation space between production, design, life cycles of products and

digitali, che ha registrato il passaggio dalla proposizione di mondi virtuali, immaginati come "cyberspazi" separati dal mondo reale, alla implementazione dell'*information technology* negli spazi del vivere quotidiano ed alla diffusione di dispositivi di elaborazione sempre più performanti, minuti ed ubiqui, consente di riconsiderare il rapporto tra uomo e ambiente fisico sulla base del progetto delle interazioni tra necessità umane e contesti abitabili.

Il progetto dell'interazione non si esaurisce esclusivamente nel progetto delle interfacce ma riporta in primo piano la centralità dei contesti fisici, perdendo così la sua connotazione tecnologica e assumendo i contorni di una sfida culturale nei confronti della complessità sociale ed ambientale che punta alla creazione di nuovi ecosistemi. Il progetto trasla la propria ontologia da una dimensione oggettiva e chiusa in orizzonti prescrittivi verso una dimensione generativa in cui trova spazio un approccio ecologico in cui artefatti e natura costituiscono un unico biotopo, un sistema biologico co-evolutivo in cui il concetto di l'habitat torna ad esprimere una nuova dimensione ecologica dell'abitare. E' il progetto stesso a porsi come interfaccia tra Tecnologia e Ambiente.

Alla luce di questa svolta è necessario ampliare gli strumenti teorici e critici per delineare un nuovo pensiero sul progetto capace di elaborare i concetti necessari a migliorare la nostra facoltà di comprensione dei cambiamenti in atto. Occorre, quindi, sviluppare un'attitudine che ci consenta di delineare una nuova idea di progetto capace di sfruttare tutte le potenzialità tecnologiche per rinnovare il confronto con le emergenti istanze ecologiche, proponendo un'etica della ricerca scientifica e tecnologica, basata sui paradigmi della consapevolezza ambientale, della responsabilità delle scelte e della conoscenza collettiva, e che sappia ritrovare al suo interno una nuova prospettiva di senso estetico.

Tale ricerca dovrà essere capace di interpretare le nuove domande di abitare i luoghi, muovendo da un approccio che non metta più in competizione Natura e Cultura, secondo un insostenibile processo di produzione di spazi abitabili, ma che sappia confrontarsi con una dimensione generativa dei sistemi ambientali in grado di prefigurare contesti abitabili adattivi, flessibili e responsivi.

architectural artifacts that tend to develop themselves according to an interacting *continuum*.

Digital technologies transform contemporary material culture according to a transition from objects, uses and standards to systems in which information and relationships are prevalent, from authorial projects to open-source models, from linear processes characterized by feedback to hierarchical reticular processes, from static and localized technologies to ubiquitous, pervasive and interactive devices. The modern category of the order acquires liquidity and, therefore, is no longer a consequence of separations, distributions, divisions but the result of complex relational, systemic and ecological conditions in the field of nature and culture.

The paradigm shift occurred in the field of digital technologies, which recorded the passage from the proposition of virtual worlds, imagined as cyberspaces separated from the real world, to the implementation of information technology in the spaces of everyday

life and the spread of increasingly high-performance computing devices, minute and ubiquitous, allows us to reconsider the relationship between man and physical environment based on the design of interactions between human needs and living contexts.

The interaction design is not limited to the design of interfaces but brings back to the forefront the centrality of physical contexts, thus losing its technological connotation and assuming the outlines of a cultural challenge towards the social and environmental complexity that aims at the creation of new ecosystems. The design shifts its ontology from an objective dimension closed in prescriptive horizons to a generative dimension in which an ecological approach in which artifacts and nature constitute a single biotope, a co-evolutive biological system in which the concept of habitat returns to express a new ecological dimension of living. It is the design itself that acts as an interface between Technology and Environment.

In the light of this turning point it

Guardare a quanto sta avvenendo nelle scienze ecologiche può aiutarci a ripensare il rapporto tra ambiente e tecnologia nel campo della costruzione di infrastrutture sociali, definendo nuove forme di dialogo tra progetto di architettura e pensiero computazionale. Il pensiero computazionale presenta, infatti, molti dei caratteri necessari per affrontare in maniera creativa e immaginativa problemi complessi in condizioni di incertezza, introducendo soluzioni euristiche, sistemi auto-organizzanti, livelli multipli di astrazione e processi ricorsivi di apprendimento dei dati in vista della loro riformulazione, riduzione, rimodellazione e simulazione (Wing, 2006).

Partire dal pensiero computazionale per definire una nuova dimensione del progetto di architettura significa, quindi, riconoscere il carattere olistico, sistemico, informazionale, circolare che Gregory Bateson, con una metafora cibernetica, aveva individuato come caratteri precipi della mente e del "pensiero ecologico", l'unico forse capace di interagire "naturalmente" con l'incertezza insita nel controllo dei sistemi complessi (Bateson, 1972).

Cultura digitale ed ecologia si pongono, dunque, come poli della riflessione progettuale sul presente, con l'obiettivo ambizioso di stabilire nuove e più corrette relazioni tra uomo e natura mediate da una Tecnologia non più dominante e trasformativa ma generativa e responsiva.

La Tecnologia si colloca in una posizione intermedia fra scienza e natura, non caratterizzandosi più come un agente di trasformazione dell'ambiente ma come un mediatore fra sistemi, naturali ed artificiali, per comprendere e governare responsabilmente la complessità dei cambiamenti della realtà, assumendo come principio guida una cultura dell'interazione multidimensionale che coinvolge gli uomini, le macchine e la natura in tutte le sue forme.

In tale scenario entra in crisi il concetto antropocentrico di sostenibilità, fondato sulla ricerca di forme di abitabilità del pianeta che vedono l'uomo ancora dominante sulla natura seppur responsabilizzato dalla consapevolezza della irreversibilità delle sue azioni tecniche, e comincia ad affermarsi una visione politica della natura in cui le istanze sociali, geopolitiche ed ecologiche risultano fortemente interconnesse (Latour, 2000) che si sostanzia in una dimensione "simpioetica" che contempla l'al-

is necessary to expand the theoretical and critical tools to outline a new thought on the project able to elaborate the concepts necessary to improve our understanding of the changes taking place. It is necessary, therefore, to develop an attitude that allows us to outline a new idea of project able to exploit all the technological potential to renew the comparison with the emerging ecological issues, proposing an ethics of scientific and technological research, based on the paradigms of environmental awareness, responsibility for choices and collective knowledge, and that can find within it a new perspective of aesthetic sense.

This research will have to be able to interpret the new demands of living places, starting from an approach that no longer puts Nature and Culture in competition, according to an unsustainable process of production of inhabitable spaces, but that is able to deal with a generative dimension of environmental systems able to prefigure adaptive, flexible and responsive living contexts.

Looking at what is happening in the ecological sciences can help us rethink the relationship between environment and technology in the field of social infrastructure construction, defining new forms of dialogue between architectural design and computational thinking. Computational thinking presents, in fact, many of the characteristics necessary to face with creativity and imagination complex problems in conditions of uncertainty, introducing heuristic solutions, self-organizing systems, multiple levels of abstraction and recursive processes of data learning in order to reformulation, reduction, reshaping and simulation (Wing, 2006).

Starting from computational thought to define a new dimension of architectural design means, therefore, recognizing the holistic, systemic, informational, circular character that Gregory Bateson, with a cybernetic metaphor, had identified as the main characters of the mind and "ecological thought", the only one perhaps able to interact "naturally" with the

terità di tutti gli agenti che con l'uomo condividono il destino del pianeta (Haraway, 2016). Una visione che punta a definire una "verità ecologica" attraverso nuove modalità di coesistenza e coabitazione sul pianeta tra agenti umani, animali e fisici, «in un intrico di relazioni molto complesso che, mentre ci connette, ci mantiene in una reciproca estraneità» (Morton, 2013).

L'autentico riconoscimento di un'alterità immanente, fondata sulla imprescindibile complementarità tra uomo e natura e tra tecnologia ed ecologia, potrà consentire di elaborare una prospettiva "cosmopolitica" del progetto come agente della "ri-architettura" del cosmo, che incorpora, come dimensioni costitutive, i criteri e le modalità di giudizio di una pratica collettiva che tiene conto dell'agire di altre specie e di altri oggetti (Yaneva, Zaera Polo, 2015).

Immaginare un mondo diversamente abitabile richiede la definizione di nuovi processi di co-evoluzione e trasformazione supportati da una attitudine progettuale che consenta di "riparare" e, laddove necessario, "ricostruire" i legami ormai persi tra uomo e natura. Ciò definisce un approccio culturale alla natura aperto, creativo e fortemente interattivo che, riconoscendo la dimensione olistica del progetto nel suo forte legame con la concretezza dei problemi emergenti, rinuncia alla "speranza del cambiamento" collocabile in un futuro non meglio definito, e accetta nel presente la "sfida del cambiamento".

La dimensione ecologica del progetto nell'era digitale conferisce, quindi, nuovo spessore al carattere progettistico ed empatico della Tecnologia come mediatrice tra agenti portatori di istanze condivise, e consente di guardare con più fiducia alle sfide ambientali che abbiamo di fronte, focalizzando la ricerca e la sperimentazione sulle relazioni tra strutture naturali ed artificiali, tra esiguità di risorse e necessità di adattamento, tra politica e progetto, secondo una pluralità di valori che esalti l'etica della responsabilità.

References

- Bateson, G. (1972), *Steps to an ecology of mind*, Chandler Publishing Company
 Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn. Design beyond intelligence*, The MIT Press, Cambridge, MA
 Haraway, D. (2016), *Staying with the trouble. Making Kin in the Chthulucene*,

uncertainty inherent in the control of complex systems (Bateson, 1972).

Digital culture and ecology are, therefore, as poles of design reflection on the present, with the ambitious goal of establishing new and more correct relationships between man and nature mediated by a technology that is no longer dominant and transformative but generative and responsive.

Technology is placed in an intermediate position between science and nature, no longer characterizing itself as an agent of transformation of the environment but as a mediator between systems, natural and artificial, to understand and govern responsibly the complexity of changes in reality, taking as a leading principle a culture of multidimensional interaction involving humans, machines and nature in all its forms.

In such a scenario, the anthropocentric concept of sustainability, based on the search for forms of habitability of the planet that see man still dominating over nature even though he is aware of the irreversibility of his technical actions,

enters into crisis, and a political vision of nature begins to assert itself in which social, geopolitical and ecological demands are strongly interconnected (Latour, 2000) which is substantiated in a "sympoietic" dimension that contemplates the otherness of all the agents that share with man the destiny of the planet (Haraway, 2016). A vision that aims to define an "ecological truth" through new ways of coexistence and cohabitation on the planet between human, animal and physical agents, «in a very complex tangle of relationships that, while connecting us, keeps us in a mutual strangeness» (Morton, 2013).

The authentic recognition of an immanent otherness, based on the essential complementarity between man and nature and between technology and ecology, will allow to elaborate a "cosmopolitical" design perspective as an agent of the "re-architecture" of the cosmos, which incorporates, as constitutive dimensions, the criteria and modes of judgment of a collective practice that takes into account the actions of other

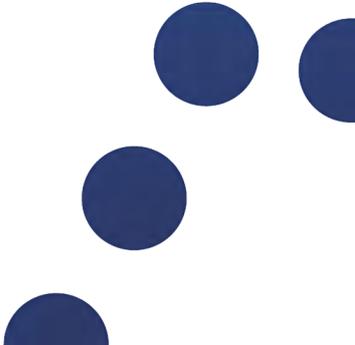
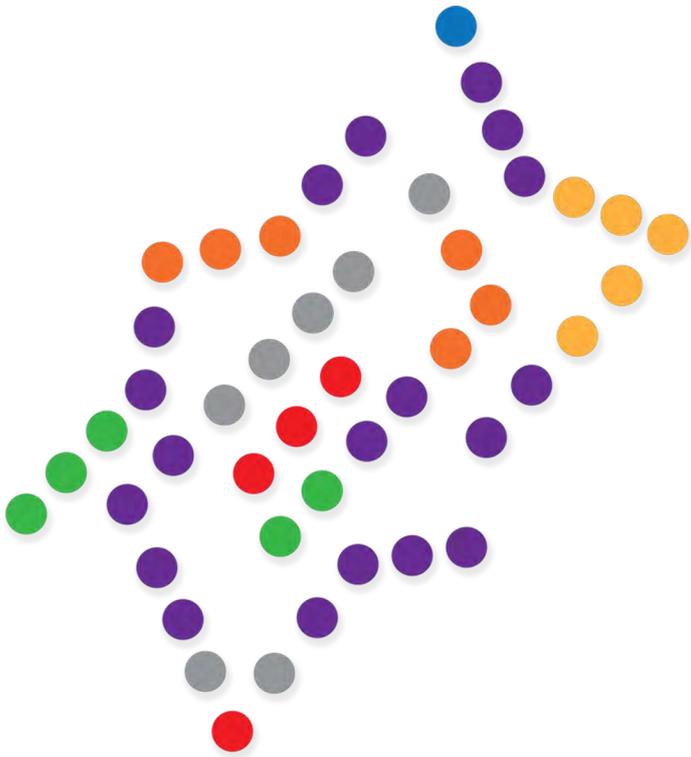
- Duke University Press
 Latour, B. (2000), *Politiche della natura. Per una democrazia delle scienze*, Raffaello Cortina Editore, Milano
 Morton, T. (2013), *Hyperobjects: Philosophy and Ecology After the End of the World*, University of Minnesota Press
 Yaneva, A. and Zaera Polo, A. (ed) (2015), *What Is Cosmopolitical Design? Design, Nature and the Built Environment*, Routledge, Abingdon/New York, UK/ NY
 Wing, J. (2006), "Computational Thinking", in *Communication of the ACM*, vol. 49, n. 3, March 2006, pp. 33-35

species and other objects (Yaneva, Zaera Polo, 2015).

Imagining a differently inhabitable world requires the definition of new processes of co-evolution and transformation be supported by a design attitude that allows to "repair" and, where necessary, "rebuild" the now lost links between man and nature. This defines a cultural approach to nature that, recognizing the holistic dimension of the project in its strong link with the concreteness of emerging problems, foregoes the "hope of change" that can be placed in an undefined future, and accepts in the present the "challenge of change".

The ecological dimension of the design in the digital age gives, therefore, new depth to the design and empathic character of Technology as a mediator between agents carrying shared demands, and allows us to look with more confidence at the environmental challenges we face, focusing research and experimentation on the relationships between natural and artificial structures, between

scarcity of resources and need for adaptation, between policy and design, according to a plurality of values that enhances the ethics of responsibility.



This publication is dedicated to Bernard Stigler (April 1, 1952 - August 6, 2020)

Philosopher of Technology



TECNOLOGIA ED EVOLUZIONE DELL'APPROCCIO ECO-SISTEMICO AL PROGETTO

Marina Rigillo¹

¹ DiARC-Department of Architecture, University of Naples Federico II, mrigillo@unina.it

Ci sono due parole, entrambe coniate nel nuovo millennio, che danno la misura del ruolo della tecnologia e del progetto ambientale di fronte alle grandi sfide globali. La prima è “Antropocene”. Il termine, composto dal greco *ἄνθρωπος* (uomo) e *kainós* (nuovo), sintetizza il rapporto uomo-natura nell'epoca corrente, in cui la capacità tecnologica accumulata della specie umana, a partire dalla rivoluzione industriale, è così potente da incidere nella stratificazione geologica del pianeta: l'epoca dell'uomo, appunto (Crut and Stoermer, 2000; Trischler, 2015; Treccani, Voce Neologismi, 2016; Mancuso, 2018). L'altra parola è *Augumented Humanity*, ed è stata utilizzata per la prima volta dall'ex CEO di Google Eric Schmidt all'IFA di Berlino nel 2010 per significare l'enorme possibilità di relazione tra l'uomo e la macchina nel tempo presente. La tecnologia è il mezzo di questa nuova simbiosi. Una tecnologia dematerializzata, digitale, che entra a far parte della vita di ognuno in maniera sempre più stabile, occupando spazi privati ed emozionali, ma anche quelli della politica e dell'etica (Floridi, 2014; De Biase, 2016). *Augumented Humanity* esprime una visione positivista del rapporto tra tecnologia e società, dove la Tecnologia è per definizione abilitante e sistemica, necessaria per espandere l'intelligenza e la qualità della vita, per supportare decisioni, per veicolare informazioni, consapevolezza e condivisione.

Questi due termini rilevano la misura delle aspettative sociali e del peso politico che riveste oggi la tecnologia e, di rimando, le capacità di *problem-solving* ad essa affidate. Stretta in una sorta di “bipolarismo” culturale la ricerca tecnologica oscilla, nella percezione collettiva, in un impossibile alternarsi di visioni terrificanti o salvifiche. Da un lato, infatti, la capacità di manipolazione della materia (biotica e non) affermatosi negli ultimi venti anni apre scenari inquietanti sulle conseguenze dell'attività antropica sulla natura e sul futuro stesso del Pianeta – anche avvalorando approcci catastrofisti come la previsione di una sesta estinzione di massa (Pievani, 2014); dall'altro, le

stesse, enormi possibilità dell'intelligenza tecnica sembrano essere le uniche armi a disposizione per recuperare il terreno perduto, per avviare un'opera di ricomposizione etica, prima ancora che ambientale, nella relazione tra l'uomo, la natura e le macchine.

Mai come in questo momento la ricerca tecnologica ed il progetto sono chiamati ad assumere responsabilità che trascendono i confini consueti dell'approccio specialistico per perseguire obiettivi più complessi e globali, la cui delimitazione non appartiene ad un singolo campo di studi, ma incrocia saperi e discipline anche molto diversi. La necessità di dare risposta alle sfide della nostra contemporaneità porta la tecnologia ed il progetto ad essere sempre più presenti in ambiti di confine, luoghi della ricerca in cui la commistione tra discipline determina occasioni importanti per il formarsi di un'intelligenza plurale necessaria ad «accompagnare adattivamente il pensiero ai cambiamenti e alle sfide che si incontrano nella sua storia» (Di Biase, 2016, pp.169). Un ambito in cui la tecnologia sembra avere un ruolo chiave, non solo per gli apparati strumentali sempre più sofisticati di cui dispone, quanto per l'attitudine nel gestire i processi euristici necessari per tenere insieme immaginazione e innovazione. La stagione dei “Great Pirates” preconizzati da Buckminster Fuller nel 1969, è probabilmente arrivata ed è questo il momento in cui i “navigatori visionari”, devono confrontarsi con un presente complesso e non privo di insidie.

Il progetto di una diversa relazione tra l'uomo e la natura appare oggi l'unica strada percorribile per realizzare habitat sostenibili e resilienti, nuovi spazi adeguati al tempo presente; l'unica via per far emergere “ecologie” inattese attraverso cui sviluppare condizioni di progressivo e reciproco adattamento. La consapevolezza di essere tutti in un'unica navicella spaziale¹ – la Terra – spinge la ricerca verso riconfigurazioni dei processi e degli strumenti finalizzate a “restituire” spazi e dignità a tutti gli

¹ Il riferimento è alla già citata opera di Buckminster Fuller, *Operating Manual for Spaceship Earth* (1969), ed alle riflessioni di Ian McHarg sul rapporto uomo/natura, riportate nel libro *Design with Nature*, sempre del 1969.

TECHNOLOGY AND EVOLUTION OF THE ECO-SYSTEMIC APPROACH TO THE DESIGN

Two words, both coined in the Third Millennium, express the role of technology and of the environmental project in the face of global challenges. The first is “Anthropocene”. The term is composed by the Greek words *ἄνθρωπος* (man) and *kainós* (new), and it summarizes the relationship between Humans and Nature in the current era; it is an era in which the technological capacity collected since the industrial revolution is so powerful as to affect the geological stratification of the planet: the age of man, indeed (Crutz and Stoermer, 2000; Trischler, 2015; Treccani, Voce Neologismi, 2016; Mancuso, 2018). The other word is “Augumented

Humanity”, and it was first used by the former Google CEO Eric Schmidt at the IFA, in Berlin in 2010, to signify the unprecedented possibility in the connection between man and machine over time. Technology is the means of this new symbiosis. It is a dematerialized, digital technology that becomes part of everyone's life in an increasingly stable way, and it occupies private and emotional spaces, as well as those of politics and ethics (Floridi, 2014; De Biase, 2016). The term ‘Augumented Humanity’ expresses a positivist view of the association between technology and society, where technology is by definition enabling and systemic, essential to expand the intelligence and the quality of life. It supports decisions, and conveys information, awareness and sharing capacity.

These two terms give the extent of both the social expectations and the political weight that technology

stands at the present. Pressed into a sort of “bipolar” perception, the technological research keeps oscillating between the incredible alternation of terrifying or salvific visions. On the one hand, in fact, the ability to manipulate biotic and abiotic elements opens up worrying scenarios on the consequences of anthropic activity on the future of the planet (including catastrophic forecasts such as the sixth mass extinction) (Pievani, 2014). On the other hand, the same promises of the technical intelligence seem to be the only strategy available to recover the lost ground, to start the ethical re-composition in the empathy between man, nature and machines.

Never as at this moment, either technological research and design are called to assume responsibilities that exceed the usual boundaries of the specialist approach to achieve more complex and global objectives, the latter not belonging to a single field

of study, but rather crossing though different disciplines. The request at responding to the present challenges leads technology and design to occupy the research border areas, where there are great opportunities for implementing plural intelligence practices that can «adaptively accompany the [technological, Ed] thinking about changes and challenges encountered in its history» (Di Biase, 2016, pp. 169). In this area, technology seems to play a key role, not only for the increasingly sophisticated instrumental equipment but also for the ability to manage the heuristic processes that keep imagination and innovation together. The “Great Pirates” age, as foreseen by Buckminster Fuller in 1969, has probably arrived and this is the moment in which such “visionary navigators” must deal with our complex present.

The project of different

esseri viventi², con uno sguardo sul mondo vegetale che si apre in modo sempre più interessato alle forme e alla biologia dei suoi processi, tanto da legittimare una visione del mondo come «luogo condiviso da tutti gli esseri viventi, indifferente alla cesura tra piante, animali e uomini» (Coccia, 2018, pp.17), in un approccio eticamente avanzato che lascia pensare che «ciò che è meglio per gli uomini è meglio anche per la natura» (Ginsberg, 2019, pp.131).

In questo senso la nozione di ecologia che si va affermando nella comunità scientifica non riferisce *sic et simpliciter* alla disciplina introdotta dal lavoro pionieristico di Eugene Odum negli anni '50, ma piuttosto all'insieme delle condizioni che caratterizza la società contemporanea³. L'uomo – finalmente – non è più visto come un soggetto esterno, fattore di disturbo quando non di devastazione rispetto ad una natura primigenia ed incontaminata, ma entra in gioco come ulteriore co-agente di processi ambientali e socio-tecnici, dove le “aumentate” capacità di intervento diventano un fattore cruciale nel sistema di relazioni tra il mondo biologico e quello tecnologico: «*We get a picture, then, of mind as synonymous with cybernetic systems – the relevant total information-processing, trial-and-error completing unit [...] I am calling “Mind” immanent in the large biological system – the ecosystem. [...] What I am saying expands mind outward*» (Bateson, 1972, pp. 466-467)⁴.

In questo scenario l'approccio eco-sistemico si afferma come una delle strategie più avanzate per il progetto ambientale, che fa leva sui concetti di complessità e sistema per potenziare le capacità di cooperazione interdisciplinare, lavorando in modo connesso e plurale. Si definisce cioè una strategia progettuale molto interessata ad affrontare il rapporto informazione/decisione e ad indagare le condizioni del contesto secondo processi cognitivi che sempre di più combinano l'uso del metodo analitico con l'approccio euristico. Si osserva soprattutto una proficua commistione tra pensiero ecologico e cultura digitale, nell'accezione poc'anzi ricordata di Gregory Bateson, che

spinge verso una revisione sostanziale del processo decisionale del progetto per mezzo di una nuova sequenza logica, di tipo responsivo, articolata sulle fasi del *sensing, visualizing, processing and feedbacking*, specificità dei contesti e della appropriatezza delle soluzioni (Cantrell and Holzman, 2018). L'utilizzo di modelli previsionali, insieme alla possibilità di decidere sulla base di scenari attendibili, verificando l'efficacia delle simulazioni prodotte attraverso un confronto *ex-ante* ed *ex-post*, arricchisce il patrimonio culturale del design, permettendo al progettista di esprimersi come il “*design scientist*” pronosticato da Fuller (1969).

Accanto alle questioni tipicamente riconducibili al progetto, l'approccio eco-sistemico è inoltre anche vettore di una maggiore coscienza critica del designer, di un'accresciuta consapevolezza circa le ineludibili ripercussioni che l'azione del progetto genera sul mondo circostante, rafforzando la qualità delle relazioni che mutuamente intercorrono tra la produzione di innovazione tecnologica e la determinazione di nuove condizioni di uso dell'innovazione stessa. Se quindi, come affermava Herbert Simon, il design è un modo per adattare la tecnologia (i suoi strumenti, i suoi processi, il suo pensiero) alle necessità dell'ambiente, allo scopo di crearne uno migliore (1988), l'epoca presente offre al progetto ambientale non solo possibilità tecniche mai finora sperimentate, ma anche un rinnovato richiamo alla responsabilità sociale dell'azione progettuale che fa del designer «*a manipulator and carer of processes – considering both biotic and a-biotic factors as equally engaged in shaping environment*» (Cantrell and Holzman, 2016, pp. 9).

Di tale ricchezza dà conto questa prima parte del libro. I contributi raccolti delimitano il perimetro culturale entro cui si sta sviluppando la ricerca disciplinare alla luce delle importanti sollecitazioni – e opportunità – derivanti dall'utilizzo delle tecnologie digitali e dell'applicazione del metodo eco-sistemico al progetto. Lo spettro delle riflessioni proposte è molto ampio, e copre con coerenza le diverse questioni tematiche

- 2 Paola Antonelli, nell'introdurre il lavoro di cura della XXII Triennale di Milano, dal titolo Broken Nature, porta l'attenzione sulla strategia della riparazione come occasione per riprogettare i legami della nostra specie con i complessi sistemi dei cicli di natura (Antonelli, 2019).
- 3 Si rimanda al lavoro di Gregory Bateson, che già nel 1972 scriveva: «We are not outside the ecology for which we plan – we are always and inevitably a part of it. Herein lies the charm and the terror of ecology» (Bateson, 1972, pp.512).
- 4 Una ricostruzione approfondita del lavoro di Bateson su questi argomenti è disponibile sul sito: https://www.researchgate.net/publication/304422422_Bateson_-_Consciousness_Mind_and_Nature (accessed Oct 29 2020).

relationships between humans and nature seems to be the only way to create sustainable and resilient habitats, new spaces to adapt to the present time; this is the only way to let unexpected “ecologies” emerge within dynamic conditions of progressive and mutual adaptation. The awareness of all us being in a single spacecraft¹ – the Earth – pushes the research towards the ambitious goal of reconfigurations processes and tools for “repairing” spaces² and dignity to the all living beings – including vegetation – that opens up to ever more interesting vision of the world as «a place shared by all living beings, indifferent to the break between plants, animals and men» (Coccia, 2018, pp. 17). This is

an ethically advanced approach that makes Alexandra Ginsberg to say that «What is best for humans is also better for nature» (Ginsberg, 2019, pp. 131).

This is the sense of the notion of ecology now emerging in the scientific community. It does not refer *sic et simpliciter* to the pioneering work of Eugene Odum, but rather to the set of conditions that characterize the contemporary society.³ Humans – finally – are no longer seen as an external subject as respect to a primeval and uncontaminated nature, but they come into play as a further co-agent of the environmental and socio-technical processes, where their “increased” operational capacities become crucial in the relations between the biological and technological world: «We get a

picture, then, of mind as synonymous with cybernetic systems – the relevant total information-processing, trial-and-error completing unit [...] I am calling “Mind” immanent in the large biological system – the ecosystem [...] What I am saying expands mind outward» (Bateson, 1972, pp. 466-467)⁴.

In this scenario, the ecosystem approach seems to be as one of the most advanced strategy for the environmental project, which leverages the concepts of complexity and systemic to enhance interdisciplinary and the cooperation skills in a plural way. This is a design approach very interested in addressing the information / decision process, and in investigating the specific conditions

of the site thanks to the combine of analytical methods with the heuristic practice. Above all, this is a fruitful mixture between ecological thinking and digital culture, as in the Gregory Bateson words, which pushes towards a revision of the decision-making process by means of a new and responsive sequence, articulated on the phases of sensing, visualizing, processing and feedbacking which takes into account the site specific and the appropriateness of the design solutions (Cantrell and Holzman, 2018). The use of forecasting models, together with the opportunity of deciding on the basis of reliable scenarios (simulating the project performances through the *ex-ante* / *ex-post* comparison) allows designers

- 1 The reference is to the aforementioned work by Buckminster Fuller, *Operating Manual for Spaceship Earth* (1969), and to the one of Ian McHarg, reported in the book *Design with Nature*, also in 1969.
- 2 Introducing her artistic curation work of the XXII Triennale di Milano, entitled Broken Nature, Paola Antonelli draws the attention to the strategy of “reparation” as an opportunity to redesign the bonds of our species within the complex systems of the cycles of nature (Antonelli, 2019).
- 3 In 1972 Gregory Bateson wrote: «We are not outside the ecology for which we plan – we are always and inevitably a part of it. Herein lies the charm and the terror of ecology» (Bateson, 1972, pp. 512).
- 4 For deepening the Bateson position, see the contribution of James L. Smith available at: https://www.researchgate.net/publication/304422422_Bateson_-_Consciousness_Mind_and_Nature (accessed Oct 29 2020).

che caratterizzano la tradizione di ricerca della Tecnologia dell'Architettura e del progetto ambientale, spaziando da ragionamenti di carattere teorico e metodologico, ad esperienze di ricerca applicata, all'illustrazione di progetti pilota ed alla didattica. Le questioni affrontate sono molte e diverse, ma il comune denominatore che le unisce è l'attenzione per la gestione delle condizioni al contesto, la capacità di individuare selettivamente le variabili in gioco con un'attenzione più intensa e mirata, rivelatrice del rinnovato impegno disciplinare per la sperimentazione di nuovi metodi di conoscenza e per l'operatività di pratiche di co-design effettivamente improntate a combinare creatività, *expertise* e metodo scientifico.

In termini generali, si osserva un evidente avanzamento nella capacità di mettere in equilibrio le tecnologie digitali con gli strumenti tipici della disciplina allo scopo di implementare processi circolari di produzione di informazione, ma anche per rendere sempre più efficace l'oggettivazione del percorso creativo e la condivisione dei processi "orizzontali" che regolano la collaborazione tra i diversi soggetti del progetto.

Attraverso utilizzo di indicatori tematici, di dati *open-source* e sul campo, di modelli previsionali e analisi multicriteria, di software per valutazioni sempre più sensibili alla specificità dell'intervento e dei luoghi, i contributi rivelano un interesse per la ricerca di soluzioni culturalmente "ibride", in cui si intersecano tecnologie analogiche e digitali, soluzioni *high tech* e *low tech*, materiali biotici e abiotici. Emerge, in particolare, la capacità dei diversi autori di declinare attraverso queste nuove prospettive alcuni dei concetti cardine della disciplina, come ad esempio l'approccio esigenziale-prestazionale, oppure le tematiche tipiche degli studi sulla valutazione di prodotti e processi, piuttosto che quelle delle procedure di certificazione ambientale, in uno sforzo intellettualmente onesto di adattare (e far avanzare) il sapere tecnologico alle nuove richieste della ricerca interdisciplinare, utilizzando strumenti e codici di comunicazione più efficaci e condivisibili.

Molto importante è infine l'attenzione dedicata all'inclusione sociale e all'educazione. Non sono pochi, infatti, i contributi che portano l'attenzione sul rapporto tra progetto e comunità di riferimento. Guardando agli abitanti come soggetti attivi di un processo decisionale finalizzato alla produzione di "habitat

to express themselves as the "Design scientists" predicted by Fuller (1969).

Beyond the enlargement of the project performances, the ecosystem approach is also a vector of a greater concern toward the manifest impacts generated by design on the surrounding world. This consciousness strengthens the mutually relationships between the production of technological innovation and the determination of new conditions for using the innovation itself. If we assume the Herbert Simon view of design as a way to adapt technology to the environment (its tools, its processes, its thinking), in order to create a better one (Simon, 1988), the present age offers to designers unprecedented technical possibilities and also a renewed view of their social responsibility as "manipulator[s] and carer[s] of processes – considering both biotic and a-biotic factors as equally engaged in shaping environment" (Cantrell and Holzman, 2016, pp. 9).

This first part of the book accounts for this richness. The contributions

collected here define the cultural perimeter within which disciplinary research is being developed in light of the important solicitations - and opportunities - deriving from the digital technologies and the application of the ecosystem method to the project. The spectrum of the concerns proposed is broad, and it coherently covers various issues of the typical architectural research, ranging from theoretical and methodological debate, to the applied research, to the illustration of pilot projects and to the teaching methods. Issues are many and varied, but their common point is the care to the site condition, the ability to selectively identify key variables, revealing the disciplinary commitment for exploring new methods of knowledge production, and for co-design practices inspired by the combine of creativity, expertise and the analytical method.

In general terms, there is a clear advance in the ability to balance digital technologies with the design tools in order to implement circular processes of information and production, rather

emergenti" nella misura in cui vengono generati da interazioni solo parzialmente prevedibili, che il progetto deve tenere in conto se davvero vuole provare ad incidere nell'epoca dell'uomo ed orientare le trasformazioni in corso verso scenari di sostenibilità. Un'attitudine che bene interpreta la "rivoluzione dolce" descritta da Massimo Perriccioli (2017), e che afferma con rinnovata convinzione il valore della ricerca in questo momento cruciale della disciplina.

References

- Antonelli, P. (2019), "Broken Nature", in Antonelli, P. and Tannir, A. (eds), *Broken Nature*, Catalogo della XXII Triennale di Milano, Electa, pp.16-42
- Bateson, G. (1972), *Steps to an ecology of mind*, Ballantine Books, New York (trad.it. *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi 1977)
- Cantrell, B. and Holzman, J. (2018), *Responsive Landscapes*, Routledge New York
- Coccia, E. (2018), *La vita delle piante: Metafisica della mescolanza*, Editrice Il Mulino, Bologna
- Crutzen, P. and Stoermer, E. (2000), "The Anthropocene", in *Global Change Newsletter*, 41, pp. 17-18
- De Biase, L. (2016), *Homo pluralis. Essere umani nell'era tecnologica*, Codice Edizioni Torino
- Fuller, R.B. (1969), *Operating Manual for Spaceship Earth*, Lars Müller Publishers, Baden, D. (trad. It. *Manuale operativo per Nave Spaziale Terra*, ed. Il Saggiatore Torino)
- Ginsberg, A.D. (2019), "Una natura migliore", in Antonelli, P. and Tannir, A. (eds), *Broken Nature: Design Takes on Human Survival*, Catalogo della XXII Triennale di Milano, Electa Milano, pp. 128-132
- Mancuso S. (2018), *L'incredibile viaggio delle piante*, Laterza ed., Bari
- Perriccioli, M. (2017), "Innovazione sociale e cultura del progetto", in *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 14, pp. 25-31
- Pievani, T. (2014), "The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity", in *Rendiconti Lincei*, March 2014, vol. 25, Issue 1, pp. 85-93
- Simon, H. (1988), "The Science of Design: Creating the Artifice", in *Design Issues*, vol. 4, n.1-2, pp. 67-82
- Treccani online: https://www.treccani.it/vocabolario/antropocene_%28Neologismi%29/
- Trischler, Helmuth (2015), "The Anthropocene from the Perspective of the History of Technology", in Mollers N., Schwagerl C., Trischler H. (eds.), *Welcome to the Anthropocene: The Earth in Our Hands* Munich, Deutsches Museum, pp. 25-29.

than objectify the creative path that regulate the collaboration in co-design.

Through the use of thematic indicators, open-source data and on-field data, as well as the use of statistic models and multi-criteria analysis, and software for the project assessing, the contributions of this book reveal an interest toward the "hybridization" of analogic and digital technologies, for both high-tech and low-tech solutions, and of biotic and abiotic materials. In particular, Authors decline some of the key disciplinary concepts, such as the demand-performance approach, as well the typical studies on the products assessment (and related processes), rather than those of environmental certification procedures. This is an intellectually honest effort to adapt (and advance) technological knowledge to the new demands of interdisciplinary research, using more effective and shared communication tools and codes.

Finally, the attention goes to the social inclusion and education. In fact, there are not a few contributions

that bring attention to the relationship between the project and its reference community. Many of the studies collected in this book look at the inhabitants as active subjects of the decision-making process, aimed at creating "emerging habitats" generated by the many and vary interactions occurring after operations, and only partially predictable. These emerging habitats are those which the project must take into account if it really wants to try to affect the age of man and orienting the transformations underway towards sustainable scenarios. This is an attitude that well interprets the "sweet revolution" described by Massimo Perriccioli (2017), by which the renewed value of the design research is affirmed in this crucial moment of the discipline

1.a Systemic approach for understanding and interpreting the complex reality of the design in the relationship between technical and human agents

1.b Transformation processes of the built environment, based on the interaction between the physical, social, cultural and economic system

1.c Adaptation and ecological efficiency strategies for the regeneration processes of settlement systems

1.a Approccio sistemico per la comprensione e l'interpretazione della realtà complessa del progetto nella relazione tra agenti di natura tecnica e umana

1.b Processi di trasformazione dell'ambiente costruito, basati sull'interazione tra sistema fisico, sociale, culturale ed economico

1.c Strategie di adattamento e di efficienza ecologica per i processi di rigenerazione dei sistemi insediativi

1. a

EVOLUZIONE DELL'APPROCCIO ESIGENZIALE-PRESTAZIONALE PER IL PROGETTO SULL'ESISTENTE NELL'ERA DIGITALE

Marta Calzolari¹

Abstract

Il progetto è di per sé un'operazione di "previsione", ma oggi, grazie al portato di strumenti digitali, si può spaziare in una dimensione temporale più estesa, riaprendo il dibattito sul rapporto tra Progetto e Tecnologia. Se negli ultimi decenni l'approccio esigenziale-prestazionale era limitato a strumento prescrittivo, oggi esso riacquista un ruolo centrale nel progetto se lo si interpreta per generare un sistema strutturato di strumenti previsionali che consentano di vagliare, tra le soluzioni possibili, quella che fornisce il maggior numero di risposte ai nuovi bisogni della società.

Keywords: Prefigurazione, Simulating, Interpretazione, Modeling, Data intelligence, Approccio eco-sistemico

¹ Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli studi di Parma, marta.calzolari@unipr.it

L'evoluzione verso l' "High-tech prevision"

L'attività del progettare è, da sempre, un'operazione di "previsione" delle trasformazioni compiute sull'ambiente costruito, prefigurando gli impatti sociali, economici e culturali che l'opera implica nel momento in cui viene realizzata (Giannetta, 2019). La differenza di questa prefigurazione, tra la concezione tradizionale e quella più innovativa odierna, è data soprattutto dal portato di strumenti digitali che permettono di guardare oltre il momento della costruzione e dell'immediato successivo utilizzo del bene, intercettando una dimensione temporale molto più estesa. Gli strumenti informatici che consentono queste previsioni riaprono il dibattito sul rapporto tra Progetto e Tecnologia in un momento storico in cui questi due aspetti sono profondamente correlati, grazie a innovazioni tecnologiche non limitate più all'evoluzione dei processi produttivi e di nuovi materiali, ma anche a strumenti in grado di riconfigurare l'intero processo ideativo.

La cultura del costruire che, prima della rivoluzione industriale, fondeva il momento dell'invenzione a quello della produzione, è stata sostituita nelle ultime decadi da un approccio dicotomico per il quale si assisteva, da un lato all'apologia dello specialismo tecnico, e dall'altro alla massima espressione formale del progetto architettonico (Losasso, 1991). Come ricorda Perriccioli (2016), tuttavia, la Tecnologia non fornisce solamente soluzioni "problem-solving", ma ha l'obiettivo di rinnovare la domanda ponendola in ottica "problem-setting", basata, quindi, su aspetti esigenziali-prestazionali predittivi. In tempi più recenti si sta facendo uno sforzo, probabilmente agevolato dalla corrente rivoluzione tecnologica, per unire nuovamente la fase ideativa a quella costruttiva, senza creare una gerarchizzazione dei due aspetti, altrimenti complementari nell'atto progettuale. Gli strumenti previsionali frutto del *transfer* da altri settori interdisciplinari hanno agevolato un'inversione di tendenza, passando dal concetto di *High-tech* come risultato dell'atto progettuale (massima esaltazione delle potenzialità tecnologiche costruttive degli anni Novanta) a un'idea che potremmo coniare come "*High-tech prevision*", in cui il portato innovatore sta proprio negli strumenti predittivi, attraverso cui definire strategie di intervento di mitigazione e adattamento climatico che portino alla resilienza dei prodotti di architettura.

Se negli ultimi decenni la metodologia basata sull'approccio esigenziale-prestazionale applicata al processo edilizio, che

la disciplina della Tecnologia dell'Architettura utilizza sin dalla sua istituzione per garantire un risultato di qualità, era stata limitata, rispetto alle origini, a mero strumento prescrittivo, in questo rinnovato scenario essa riacquista un ruolo centrale nel percorso progettuale grazie alla sua reinterpretazione, non più intendendola come percorso lineare, ma in continuo *loop*. In particolare, essa diventa cruciale per interventi sull'ambiente costruito con obiettivi di mitigazione climatica e strategie di adattamento.

Il contributo intende indagare il superamento, indotto dall'era digitale, del tradizionale approccio esigenziale-prestazionale per quanto riguarda interventi eco-sistemici sul patrimonio esistente a partire dai risultati di una ricerca condotta, e tuttora in evoluzione, per fornire un possibile modello predittivo di interventi di retrofit.

Prefigurazione come reinterpretazione del rapporto con il contesto

Già nel 1974, Spadolini ricordava come le necessità della società fossero profondamente cambiate rispetto all'era pre-industriale, nella quale bastava conoscere tutti gli aspetti del problema per elaborare una risposta progettuale adeguata. Rispetto agli anni Settanta, anche in seguito all'inasprirsi del problema energetico, la questione si è ulteriormente complicata, a causa di una «riconfigurazione della catena del valore» (Ciribini, 2019) a cui si deve una interpretazione del bene architettonico del tutto inedita, non più "immobile" ma dinamico, in un continuo interscambio con gli utenti (*Smart grid*). Necessariamente questa nuova prospettiva va inserita nella matrice di analisi esigenziale-prestazionale come nuovo requisito.

La «progettazione generativa, collaborativa e integrata» (Ciribini, 2019) si manifesta come la risposta contemporanea alla progettazione preindustriale a cui si accennava in precedenza, superando il concetto di serialità industriale attraverso la razionalità e sistematicità del processo progettuale, produttivo e costruttivo. Questo stravolgimento del pensiero architettonico è notevolmente complesso per la nuova costruzione, ma lo è ancor più per l'esistente, che, al momento della propria concezione, era estraneo a questo approccio.

La risposta al problema è contenuta nel concetto stesso di "prefigurazione" per una reinterpretazione del rapporto con il contesto (concetto di tecnologia appropriata) in un nuovo processo ideativo/costruttivo. La novità non è più solo di prodotto

(materiali interattivi, adattivi, supertecnologici), ma è da ricercare nella possibilità data dagli strumenti digitali di unire al sapere tramandato i concetti innovativi. Infatti, per il miglioramento delle prestazioni degli edifici e l'innalzamento del comfort degli utenti, in un'ottica più generale di mitigazione climatica, l'innovazione strategica non risiede più nel tipo di materiale (isolante, per esempio) o nel sistema impiantistico da adottare, quanto piuttosto nei processi di *modeling* e *simulating* per prefigurare gli impatti delle scelte future. Volendo azzardare una previsione di possibile evoluzione del sistema progettuale in relazione agli strumenti utilizzati, dopo la matita e il *Computer Aided Drawing* (CAD), l'attuale uso del *Building Information Modeling* (BIM) potrebbe essere presto superato dall'uso dei "dati" per la progettazione (*data design*). Avendo a disposizione sempre più informazioni in merito a flussi energetici, livelli di comfort, modelli d'uso, disastri ambientali e a strategie resilienti, «possiamo passare da una analisi dei valori assoluti dei dati ad una valutazione delle derivate prime e seconde, cioè delle velocità e delle accelerazioni dei fenomeni che vogliamo controllare e gestire» (Fuggetta, 2017). Le soluzioni progettuali sono, infatti, assolutamente mature per intervenire sistematicamente sul patrimonio esistente, mentre si deve ancora elaborare un sistema strutturato di strumenti programmatori che consentano di vagliare, tra le innumerevoli soluzioni possibili, non quella più efficiente da alcuni punti di vista, ma quella che ottimizzi e fornisca il maggior numero di risposte ai nuovi bisogni della società.

Si potrebbe parlare dell'evoluzione di quanto ideato circa cinquant'anni fa da uno dei più innovativi imprenditori della maglieria veneta¹, che modificava la produzione del colore dei maglioni, prodotti tutti in tonalità neutra, in base alle vendite della giornata, grazie al collegamento del registratore di cassa alla fabbrica. Si tratta dei primi esempi di produzione adattativa e customizzata *ante litteram* a cui oggi dobbiamo tendere, coadiuvati da sistemi abilitati molto più efficienti. Il trasferimento di questo sistema al mondo delle costruzioni permetterebbe di utilizzare le risposte dell'utilizzatore finale (comportamenti ed esigenze) insieme alla grande quantità di dati prestazionali costantemente raccolta dalle centraline domotiche degli edifici, per indirizzare il progetto di recupero nel modo più efficiente possibile. Si deve passare dallo strumento prescrittivo e certificatorio a quello previsionale, includendo anche aspetti prima "non prevedibili" che rendano lo spazio costruito resiliente al cambiamento. Questo potere prefigurativo può, infatti, aiutare a gestire la più grande incertezza del nostro secolo, dovuta ai cambiamenti sociali, economici, geografici ambientali e politici estremamente veloci a cui assistiamo, che fanno mutare di continuo gli obiettivi finali a cui tendere.

Tuttavia, gli strumenti sono stati ampiamente sviluppati, e ora, per non perdere questa opportunità importante, è necessario lavorare per evolvere la conoscenza e la condivisione, per impostare un metodo di gestione della mole di informazioni (cultura del dato) costantemente prodotta attraverso la *data intelligence*, che ci rende consapevoli di quanto le mappe di dati vadano intese solo come parziale rilettura della realtà e non come una sua fedele riproduzione.

Il progetto di architettura non può prescindere anche da quegli aspetti che non possono essere ricondotti alla misura della prestazione e che, soprattutto nel caso di intervento in un contesto consolidato o con valore storico, possono essere riferiti al concetto stesso di cultura (Calzolari, 2019). Insieme al valore culturale del bene oggetto di intervento, frutto della storia e dell'evoluzione della società, va contemplato anche l'utente finale e le sue esigenze in continua mutazione. Anche in questo

caso, come per il concetto di "cultura", si tratta di "dati" non sempre quantificabili, spesso soggettivi e interpretabili a seconda del tempo e del contesto, ma nonostante questo, che devono popolare la nuova matrice esigenziale-prestazionale per indirizzare al meglio il progetto.

In questo ambito si è inserita la ricerca Unife Sostenibile (Belpoliti et al., 2016), avviata anni fa e in continua evoluzione, per la definizione di un sistema di prefigurazione speditiva e semplificata di strategie di intervento per la riqualificazione di grandi patrimoni immobiliari. Questo strumento, pensato in prima istanza per gli amministratori di *stock* edilizi pubblici, è nato con lo scopo di mettere tali operatori nelle condizioni di fare previsioni sugli impatti di alcune configurazioni di retrofit del proprio portafoglio di immobili, in termini di risparmio economico per la gestione e manutenzione, diminuzione delle emissioni di CO₂ e gas serra, ma anche per il miglioramento del comfort dei propri utenti (si pensi per esempio alle scuole).

Partire dal settore pubblico ha un duplice effetto positivo: gli interventi su larga scala hanno un impatto più significativo in termini di mitigazione climatica delle nostre città, grazie all'ingente mole di edifici coinvolti, e il "buon esempio" dato dalle Pubbliche Amministrazioni può indurre un effetto traino per la proliferazione dei successivi interventi puntuali dei privati.

Lo strumento messo a punto con la ricerca non nasce necessariamente con l'obiettivo di fissare e raggiungere determinati *target* energetici (livelli prescrittivi e prestazionali), per il quale è meglio appoggiarsi a una dettagliata simulazione energetico-ambientale, ma con lo scopo ultimo di produrre uno strumento previsionale operativo, in grado di essere usato e sempre implementato per, e grazie a, l'uso su edifici di varietà tecnologiche, tipologiche e storiche diverse o con differenti modelli di utenza. Questo strumento sta vivendo ora una nuova fase di sviluppo (Ruggeri et al., 2020), nella quale si ipotizza di inserire, nell'algoritmo di calcolo alla base dello strumento programmatico, modelli statistici basati su dati sperimentali e tecnologie abilitanti che consentano, da un lato, di rendere il risultato dell'analisi sempre più vicina alla realtà (diminuendo il fattore di errore insito nella semplificazione) e, dall'altro, permetta di volta in volta, a seconda delle necessità, di condurre valutazioni previsionali in relazione a uno specifico parametro di interesse. Tale metro di analisi può dipendere dal budget a disposizione degli attori coinvolti, dal tipo e numero di edifici interessati e certamente dall'obiettivo finale dell'intervento (miglioramento energetico e ambientale, sismico o di manutenzione) ma, anche, e forse soprattutto, dal "valore" (culturale, sociale, economico o personale) che si attribuisce al patrimonio oggetto dell'azione. Solo in questo modo, attraverso tempistiche ristrette, in linea con le possibilità reali delle Amministrazioni, gli operatori saranno in grado di valutare preventivamente gli scenari più efficienti, non da un unico punto di vista, ma in base a una matrice bilanciata di requisiti. Grazie a questo, il progetto tecnologico di intervento potrà essere sviluppato contestualmente alle valutazioni preliminari progettuali, riunificando le due fasi del processo per controllarne più efficacemente gli esiti. Le soluzioni "supertecnologiche" da impiegare (in termini di materiali, ma anche di sensoristica per il controllo domotico o il monitoraggio prestazionale) non saranno più standardizzate a priori, ma specificamente sviluppate e scelte sulla base delle richieste puntuali dell'intervento.

Il tema dello sviluppo di strumenti predittivi sempre più sofisticati, pertanto, è quanto mai attuale per innescare processi efficienti che ben sfruttino le potenzialità tecnologiche disponibili senza perdersi nei meandri di informazioni incontrollabili e

¹ Si fa riferimento alla lungimirante rivoluzione imprenditoriale di Luciano Benetton.

per rimettere al centro dell'operazione il benessere dell'uomo e l'evoluzione della società.

Come si legge nel report di RCS (2019), per raggiungere una nuova "Società 5.0" è necessario spostare l'attenzione dallo sviluppo di nuovi *device* tecnologici alla "diffusione del benessere, con l'uomo al centro", per migliorare la qualità della sua vita. In tale direzione il mercato delle costruzioni gioca sempre un ruolo da protagonista.

References

- Belpoliti, V., Bizzarri, G., Calzolari, M., Cattani, E., Davoli, P., Pitzianti, S. and Rinaldi, A. (2016), "Energy screening of wide building stock", *Sustainability and Innovation for the Future*, proceedings of the 41st IAHS WORLD CONGRESS, Albufeira, Algarve, Portugal, September 13-16, 2016, pp. 308- 325.
- Calzolari, M. (2019), "Quale tecnologia invisibile? I metadati per il processo di recupero degli edifici storici", in Mussinelli E., Lauria M., Tucci M. (ed.), *La PROduzione del PROgetto*, Collana Studi e Progetti, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, IT, pp. 230-236.
- Ciribini, A. C. (2019), "Nuova o Antica Industrializzazione Edilizia? Cultura Architettonica e Paradigmi Industriali", *Ingenio rivista online*, available at: <https://www.ingenio-web.it/23284-nuova-o-antica-industrializzazione-edilizia-cultura-architettonica-e-paradigmi-industriali> (accessed 20 February 2020).
- Fuggetta, A. (2017), "Gli analytics, la "verità" e l'accelerazione del tempo", *Ingenio rivista online*, available at: <https://www.ingenium-magazine.it/gli-analytics-la-verita-e-lacelerazione-del-tempo/> (accessed 20 February 2020).
- Giacchetta, A., Novi F., Raiteri R. (2019), *La costruzione dell'idea, il pensiero della materia. Riflessioni sul progetto di architettura*, Franco Angeli, Santarcangelo di Romagna, RN.
- Losasso, M. (1991), *Architettura, tecnologia e complessità*, Clean, Napoli, IT.
- Perriccioli, M. (2016), *Quale identità, quale disciplina. Per una riflessione sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano, IT.
- RCS Studio (2019), "Società 5.0: così la tecnologia può rendere il mondo più umano", available at: <https://www.corriere.it/native-adv/Hitachi-LF01-societa-5.0.shtml#section-01> (accessed 26 February 2020).
- Ruggeri, A. G., Calzolari, M., Scarpa, M., Gabrielli, L. and Davoli, P. (2020), "Planning energy retrofit on historic building stocks: A score-driven decision support system", *Energy & Buildings*, vol. 224, pp. 1-19.
- Spadolini, P. (1974), "Design e tecnologia: struttura e contenuti di un campo di indagine", in Spadolini P. (ed.), *Design e tecnologia: un approccio progettuale all'edilizia industrializzata*, Edizioni Luigi Parma, Bologna, IT, pp 7-8..

EVOLUTION OF TEACHING IN THE DIGITAL AGE

Raphael Fabbri¹, Catalina Francu², Mattia Federico Leone³, Sergio Pone⁴

Abstract

This paper focuses on the consequences of recent technological developments with respect to the pedagogy of architecture, specifically geometry and construction. We identify and discuss significant changes brought into the field by modern technologies and tools, aiming to assess their impact on teaching and learning architecture. The method employed consists in analyzing a paradigmatic case study based on our pedagogical experience. We argue that recent technological advances shift the focus from the acquisition of information to the developing of the requisite skills for finding such relevant information.

Keywords: Computer science, Design pedagogy, Transdisciplinarity, Experimentations, Philosophy of science

¹ ENSA - École nationale supérieure d'architecture, Paris-Belleville (France) – Partner and General Director of ATELIER MASSE, raphael.fabbri@hotmail.com
² ENSA - École nationale supérieure d'architecture, Paris-Belleville (France)
³ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, mattia.leone@unina.it
⁴ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, sergio.pone@unina.it

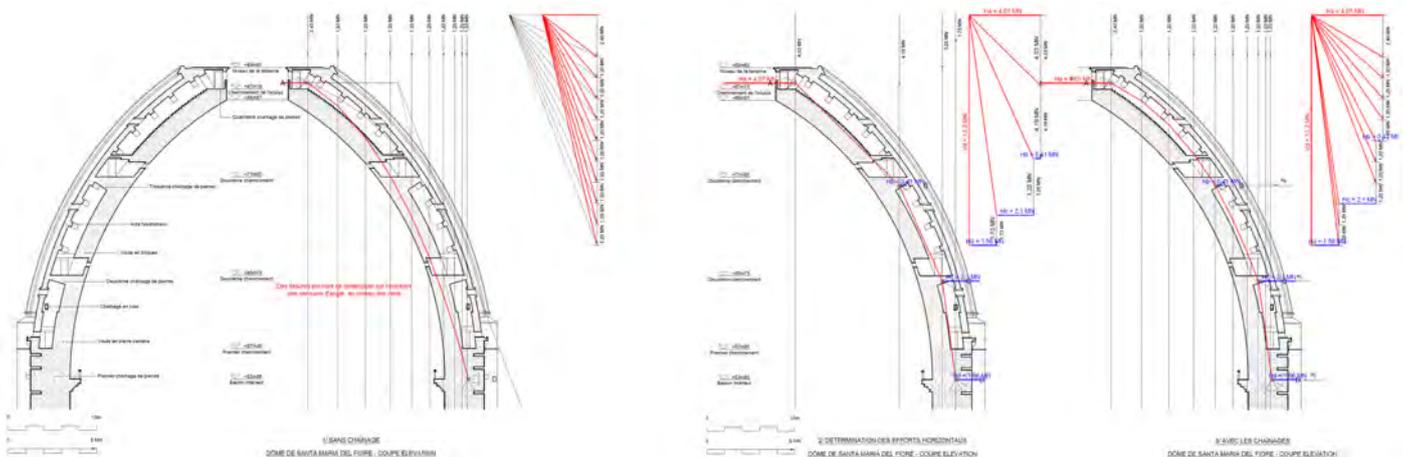


Fig. 1

Introduction

At present, the development of computer science is operating a new anthropological revolution, the limits of which have not yet been reached. Its relationship to knowledge is especially questioned both in academic work and in our daily lives. Although the human brain is better suited for a variety of tasks, technological advances lead us to question both the architectural practice and its teaching. This paper argues both the content and the methods have to evolve so as to incorporate such advances. Consequently, especially in geometry, it becomes more relevant than ever before to know how to “define” issues rather than how to solve them.

Methodology

One of the working questions is “*Which approaches, within the teaching of geometry and construction, must be questioned and changed in the digital age?*” This study deals with three issues related with the digital transition: 1/ the extension of the quantity and complexity of information, 2/ the emergence of new concepts and the shift in paradigm and 3/ questioning of the educational medium. For each item we ask: *What changes can or do the computers make? What are their limits? What knowledge must be mastered by the student? and How should pedagogy adapt?*

Extension of Quantity and Complexity of Information

Online encyclopedia

It often happens that when giving a lecture, the audience goes online to look up something quoted during the presentation, which leads us to question the relationship we now have with the whole *corpus* of knowledge.

The memory capacity of a computer together with the instant access to the information stored on it from a smartphone create a common “*Online Encyclopedia*”, which structurally changes the relationship one has to knowledge. In a certain way, “*Online Encyclopedia*” follows the principle established by the 18th century encyclopaedists (Diderot and D’Alembert): gathering all the knowledge of their time in one place.

However, the digitalization of the encyclopedia raises a new set of issues that teachers and students alike have to learn how to deal with, namely an excess of information (*infobesity*) in that

might make it difficult for the individual to make an informed decision¹, (Schwartz, 2004) together with a higher level of uncertainty in some cases (Wikipedia allows everyone to write and edit). Moreover, the relevance of information is put into question at the moment of searching for a specific subject, when one can find many authors who write on the same topic, without having to pass through a filter similar to a publishing house, but to one that has to do with popularity.² This makes it difficult for the most relevant answers to always be found at the top of the list. As Spinoza declared «there is no intrinsic force in a true idea»³.

Another risk that one runs in the shadow of the Online Encyclopedia is the belief that one does not have to memorize anything. However, creativity arises in conditions of rich and structured knowledge, therefore a certain amount of *learning* must absolutely happen, the question that remains is *how?*⁴ (Stanley, 2000).

This leads pedagogical practice to a moment of redefinition. Firstly, in order for the student to be able to navigate the massive amount of data presented to them, the process of memorization has to be optimized: it has to involve methods rather than information *per se*, and information has to be adapted in order to avoid what the students already know⁵. For example, information might translate into knowing a formula by heart, whereas a “method” is knowing how to reconstruct it based on a understanding of the principles it is based on.

Furthermore, instead of a quest to teach students plain factual data, all might benefit from a reorientation towards teaching people *how* to learn – either through offering access to ways of memorizing (memory palace technique) or others.

Finite Element Analysis

A Finite Element Analysis is a physical model based on a discrete element.

In the field of structural analysis, Finite Element Analysis (FEA) emerges as a tool during the ‘90s to become the main instrument employed by contemporary engineers. FEA makes designing and modeling very complex structures possible, which leads to a change in the role of the structural designer: they don’t need to solve the highly complex calculus imposed by this process (the FEA is the one to do it), but they need to make assumptions (pre-processing), choose the solving method (solver) and be able to explain the results (post-processing).

The implementation of a FEA model is not unique for any



Fig. 2

1 Schwartz B. (2004), *Paradox of the choice*, Harper Perennial, NYC

2 Lewandowsky, S., Ullrich K.H. Ecker, and John Cook, «Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the “Post-Truth” Era», *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 6, n° 4 (December 2017): 353-69

3 «Il n’y a pas de force intrinsèque de l’idée vraie» Spinoza quoted by Pierre Bourdieu in *Dévoiler et divulguer le refoulé*. He wrote «C’est une des phrases les plus tristes de toute l’histoire de la pensée».

4 Boden M. (2004) “Creativity and Knowledge” in Craft A, (ed.), *Creativity in Education*, reprinted (London: Continuum).

5 Stanley, J. C. (2000), “ Helping students learn only what they don’t already know ”, *Psychology, Public Policy, and Law*, 6 (1), pp. 216-222.

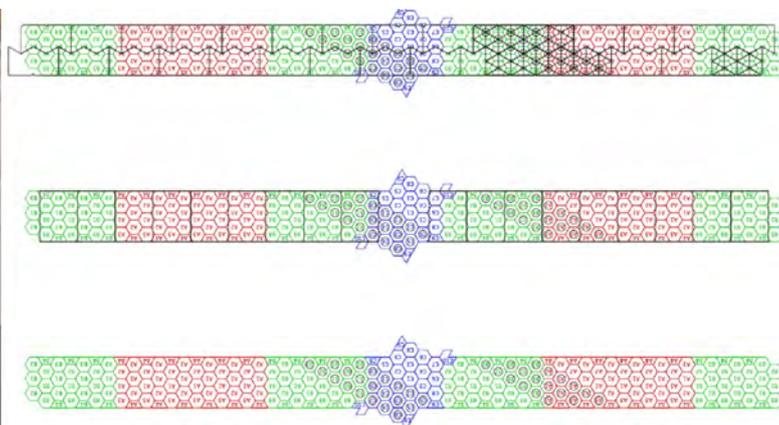


Fig. 3

structure, as engineers must make choices in the stage of pre-processing. However, the end results never exactly represent reality but try to mimic it as faithfully as possible. The choice of certain modeling hypotheses or resolution methods can yield time-consuming calculations and/or irrelevant or even false results which calls for high literacy and intuition in calculus in order to be able to identify them. This turns the *structural designer* from computing power machine to decisional actor.

Structural design teaching in architecture must evolve so as to avoid two different errors: on one hand, being able to use highly complex solving methods is no longer essential (as software outperforms the human brain by far), on the other hand, teachers should be aware of the fact that mastering FEA solvers is not enough as the *structural designer* has to be able to recognize aberrations in the results. What becomes crucial is knowing how to:

- input the right premises and analyze the relevance of the outputs;
- understand what the solver does, without necessarily being able to do the same;
- understand which parameter must be changed in order to obtain an acceptable result.

Intuiting the behavior of the structure is fundamental. To use Eugène Freyssinet's words «It is, of course, that intuition must be controlled by experience. But when it is in contradiction with the result of a calculation, I redo the calculation»⁶.

Static Graphics is an example of structure calculating software which made its way from schools of engineering to schools of architecture. Its particularity lies in the fact that it connects graphic representation with force calculus, which makes it possible «to develop a true statics for architects instead of a simplification of the classical statics designed for engineers»⁷.

From a very young age, humans acquire the intuition of the physical behaviour of the surrounding objects through the experience of structural *force* in various situations.⁸ (Kahn, 1996). For example, Aurelio Muttoni often uses a wooden mannequin in his book, *The Art of Structures* (Muttoni, 2004), to explain the behavior of forces in a human body.

It is seemingly paradoxical that in order to manage, understand and interpret advanced FEA software, one must acquire an intuition of structural behavior by returning to graphical methods or physical manipulations (see the practical exercises in Fig. 2), which FEA practically replaced.

Digital Fabrication (CNC, 3D Printing, Lasercut)

The changes brought by the innovations in the field of 3D fabrication offer advantages in terms of the amount of production, they offer possibilities for wide production and they suppose almost no knowledge of craftsmanship. One change the *maker* has to adapt to the fixed dimension of device, which can lead to specific changes in design that would not appear otherwise, as come to surpass the spatial limitation of the machines, echoing the limitations of the manual tools used in crafts.

Another significant limitation brought about by this manner of *making* is the pressure that everything has to be finished before the start of the *making* process (see Fig. 3). The second is that it is impossible to make any modifications during the production, as one would normally be able to do when building manually.

When making the molds for the UHPFRC Pavilion, we were confronted with the clash between software and reality. The pavilion was made out of UHPFRC, a material that has the potential to be as smooth as industrial glass, but in order to be able to achieve the desired smoothness, we needed to use Plexiglas as mold material. However, the Plexiglas was too soft to be able to withstand the weight of the UHPC on its own without deforming, so we needed to reinforce it with MDF. This step would have been absolutely impossible without the use of the laser machine, as the forms were unique and would have taken a craftsman long hours to finish. However, the students were confronted with the need of craft skills at the moment of mold assembly, which required a sensibility to both pattern and variation in order to correctly identify and evaluate the end result of the mold.

So as to be the *master of tools* and not *mastered by tools*, teaching and learning by building manually should be kept as an important step in the process of understanding construction and design.

Emergence of new concepts and paradigm shift

Parametric design

Even if its principles are old, Parametric Design developed simultaneously with the development of IT. Thanks to the democratization of computer programming by visual script, the large public has acquired the capacity to design parametrically and the ability to quickly test a large number of configurations. Despite its exceptional potential, this method has limits, well

6 «Il faut, bien entendu, que l'intuition soit contrôlée par l'expérience. Mais quand elle se trouve en contradiction avec le résultat d'un calcul, je fais refaire le calcul» Eugène Freyssinet «Naissance du béton précontraint et vue d'avenir», dans la revue Travaux, Juin 1954.

7 «Développer une véritable statique pour architectes au lieu d'une simplification de la statique classique conçue pour ingénieurs», Aurelio Muttoni, Structures, introduction.

8 Alvarez C. (2016), *Les lois Naturelles de l'enfant*, éditions les Arènes.

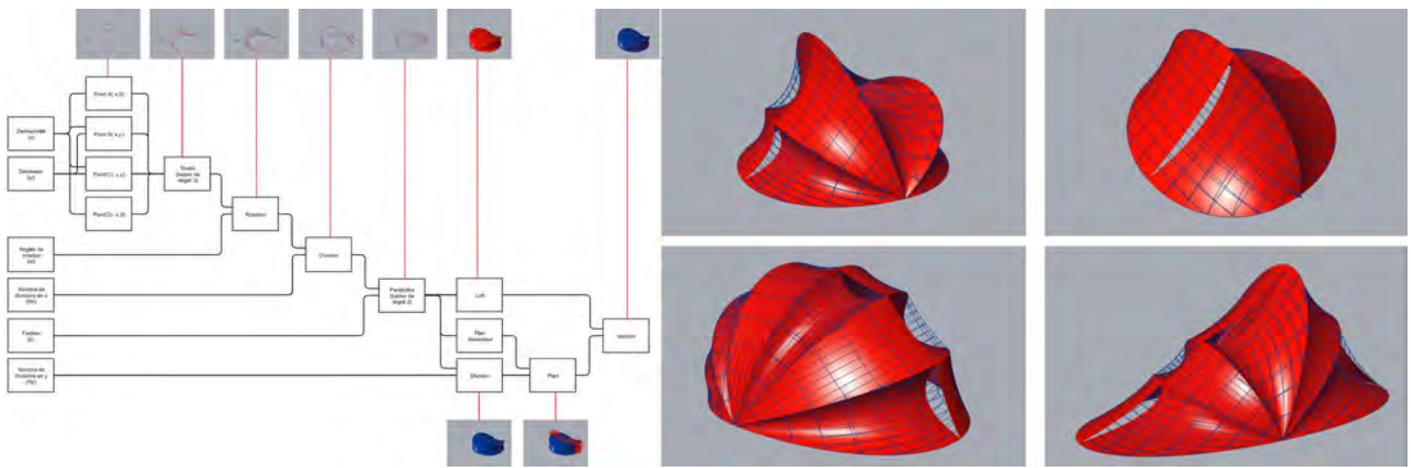


Fig. 4

identified by Chris Williams et al.:⁹

- “*Many to one*”: Many ways to produce the same shape, so which morphogenesis must be chosen?
- “*One user - One Graph - One Model*”: Difficulties to understand and transmit a model
- Risk of “*formalism*”: designing form and not architecture

The second limit is quite common in the workshop every year at the moment when one group needs to manipulate the model of another. Given that grasshopper offers the “*many to one*” possibility, one ends up with a plethora of approaches that might remain readable only to their designer. The situation often observed among students is that they often spend as much time deciphering the models of other groups as they would making them from scratch.

Parametric Design is growing faster than the *know-how* necessary to use it. In the workshop we see that although the issues raised by the students are introduced as software problems, they are rarely what they are advertised to be – in reality they emerge from a geometry problem. It often happens that the student gives up looking for a geometrical solution before they normally would because they are under the impression that they don’t master the software, and thus, the issue must be related to this fact. To use the opposition “*Form / Design*” developed by Louis I. Kahn¹⁰ (Kahn, 1996), Parametric Design places the *Form* of the project at the center of its organization and considers *Design* to be a set of variables.

A particular question that arises is how a parametric model should be organized. The “*Many to one*” approach, which requires defining the best morphogenetic organization for modeling offers a variety of answers (a cone can be thought out as a ruled surface, as well as a primitive) but there is no consensus on a preferred manner: it all depends on the target application. However, Williams et al. offer a rule to help choose the organizational method of the model: “*Faster graph manipulation methods*” i.e. the graph representation is easier to change manually and hence more flexible.

As with the FEA, the architecture and geometry teaching in particular must adapt to changes while also developing the associated expertise:

- Forms need to be taught as results of a form generation

9 Harding J., Joyce S., Sheperd P. and Williams C. (2012) “Thinking topologically at early stage parametric design”, Proceedings of the international symposium *Advances in Architectural Geometry 2012*, Paris, September 2012, Springer Wien New York, pp. 67-76.

10 Louis I. Kahn (1996), “Réflexions” and “Vouloir être”, in *Silence et Lumière (Silence and Light)*, Choix des conférences et d’entretiens, Editions du Linteau, Paris

11 Fabbri R., Francu C., Gheno B. Leone M. F. and Principe J. (2020), “UHPFRC Folded Pavilion”, in *Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 14, number 1, January 2020, pp.10-19.

12 Zboinska M. (2015), “Boosting the Efficiency of Architectural Visual Scripts”, Proceedings of the international Design Modelling Symposium 2015, Copenhagen, September 2015, Springer International Publishing Switzerland, pp. 479-490

13 Picon A. (2010), *Culture numérique et architecture*, Birkhäuser, Basel

14 *Ibidem*

process (Ruled surface, sweeping surface, etc.), no longer as primitives (Cone, cylinder, cube, etc.) This process offers a wider range of possibilities when it comes to reinventing forms.

- Exploring the *combinatorics* of forms. Parametric design allows for testing a large number of configurations faster. This combinatorial exploration has already been studied through the use of phylogenetic diagrams¹¹.
- Organizing highly ordered script. The organization proposed by Malgazorta Zboinska¹² offers a synthetic strategy to adapting and improving a structure. The main principle is to clearly split and identify each functional part of the visual script, in order to quickly understand it.

Parametric design is still associated with wavy and complex forms that would only interest programming enthusiasts. However, this new tool raises important questions related to architecture. Authors like Antoine Picon¹³ (Picon, 2010) have shown how parametric architecture still questions the 18th century problems: the use of ornament or the disposition of circulation flows¹⁴. Once more, in spite of the revolutionary tool, old concepts arise time and again, requiring to be understood and taught in view of the form’s coherence and functionality.

Questioning the educational medium

DIY: Do it yourself (Fab lab, Design and build, workshop, ...)

As a learning method, the DIY is referring to the practical subjects, where the goal is to end up with a finished object. Given the increasing accessibility of a growing number of individuals to complex manufacturing machines through different well-equipped spaces, people can build full-scale items without any prior *savoir-faire*. This method requires a considerable amount of autonomy and discipline, as the “student” has to be at the same time teacher and evaluator for herself.

This method does nevertheless imply a high degree of interdisciplinary practice, as the practical field is the place where architecture, engineering, mathematics, robotics etc. can come together in one single object.

LIY: Learn It Yourself (MOOC, FOD, Tutorial, online video ...)

In Parametric design, although teachers work towards being up to date, it is common that students have a greater mastery of the latest software, often acquired with the help of tutorials. However, even if the invention of script, plug ins, etc. is ceaselessly evolving, the fundamental issues it is designed to represent and solve remain almost unchanged throughout time. The obvious changes seem to be advantageous and beneficial – learning anytime and anywhere, being able to replay according to one's needs and offering a wider variety of workflows for the student. However, the difficulty of this type of teaching and learning consists in the fact that learning becomes more strenuous when alone¹⁵, as there is no immediate response for one's questions and neither the human interaction needed to enforce a state of focus¹⁶ (Stanley, 2000). This can rapidly lead to shortened attention span and a difficulty to stay involved with the same subject for the needed amount of time.

If relied upon too much, it can lead to severe deficiency in work-related interactions, as the role of the recipient and the teacher are rigid and allow only for unidirectional exchange.

LIT: Learn It Together (Forum, Wiki, social networks...)

Together with the tools mentioned before, the Learn It Together method evokes a future where hierarchical teaching becomes a method among others instead of the main method that we now encounter everywhere from schools to universities, to apprenticeships. It is worth mentioning here that our digital generation might witness the rise of rhizomatic¹⁷ (Deleuze and Guattari, 1980) education in all areas of teaching, knowledge and exchange.

The concept of the rhizome is defined in contrast with the arborescent structure, as the former suggests a network between elements of equal roles, each being able to perform in the place of another, while the latter supposes hierarchical arrangements, with each element subjected to the same role and incapable of taking over any other. From this comparison one can clearly see that in the educational system as we know it, there is a clear delimitation between the teacher and the student, forming a top-down structure, where knowledge passes from the source (the teacher) to the recipient (the students). This arrangement limits the amount and diversity of knowledge to be gained to one single channel and in one single direction. However, the digital revolution pushes for a much more flexible structure. Given that the changes brought about by the online environment now allow and invite each student to be a teacher and each teacher to be a student in a more fluid manner than a classroom.

Blurring the lines between the virtual and the real makes it possible to achieve a useful integration of the online rhizomatic behavior in the physical classroom, where the situation is suitable, and free all the vaults of knowledge in the proximity instead of just one. This is what we have experienced in the workshop: teachers became one more chain link in the process of research while the students took up much off the practical process.

Given that it deeply relies on autonomy, this type of learning has to be developed between individuals who already possess manners of filtering their information, be it a deep knowledge of how search engines function, how well they can explain

themselves in writing and how well they know how to ask questions.

Our experience lead us to believe that group work is one of the key factors of success when faced with a complex issue, thus, for example, Professor Sergio Pone chooses to forge his studio by the maxim *The ability to keep the group together will be taken into account in the final evaluation, because an architect must know how to work with others.*

Conclusion

The *digital revolution* currently unfolding requires a change both in thought processes and in know-how. The constant evolution (and acceleration) of technologies asks for a constant questioning and adaptation of teaching. This modest overview of the possible consequences of digital advances on teaching geometry and construction invites us:

- to measure this shift of thinking and know-how;
- to use existing knowledge to solve new issues;
- to maintain an attitude of *curiosity and circumspection* in front of technology.

Consequently, we call for a reframing of the field of teaching, supporting that only imparting information is no longer relevant in a world where it can be found a few clicks away. We argued that skills based on intuition and method are becoming crucial today and that they play on the ability to critically assess a situation and on knowing where to look for solutions rather than on being able to come up with it on one's own (which becomes increasingly harder to do, given their rise in complexity). Furthermore, we have shown that creative thinking deeply depends on well-structured and profound knowledge; in light of this, we advise that the future of teaching should focus on igniting interest in a deep understanding of the subject of study, which it is most likely to lead to a *perpetuum mobile* of innovation.

References

- Deleuze, G. and Guattari F. (1980), *Milles Plateaux*, Editions de Minuit, Paris, FR.
- Schwartz, B. (2004), *Paradox of the choice*, Harper Perennial, New York City, NY.
- Muttoni, A. (2004), *L'Art des Structures*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne, CH.
- Picon, A. (2010), *Culture numérique et architecture*, Birkhäuser, Basel, CH.
- À-Kahn, L. (1996), "Réflexions" and "Vouloir être", in Khan, L. (ed.), *Silence et Lumière (Silence and Light)*, *Choix des conférences et d'entretiens*, Editions du Linteau, Paris, FR, pp. 56-86.
- Boden, M. (2004), "Creativity and Knowledge" in Craft A, (ed.), *Creativity in Education*, reprinted Continuum, London, UK, pp. 31-56.
- Stanley, J. C. (2000), "Helping students learn only what they don't already know", *Psychology, Public Policy, and Law*, vol. 6, pp. 216-222.
- Fabbri, R., Francu, C., Gheno, B., Leone, M. F. and Principe J. (2020), "UHPFRC Folded Pavilion", *Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 14, pp.10-19.
- Harding, J., Joyce S., Sheperd, P. and Williams, C. (2012), "Thinking topologically at early stage parametric design", *Springer Wien New York*, proceedings of the international symposium Advances in Architectural Geometry 2012, Paris, September 2012, France, pp. 67-76.
- Zboinska, M. (2015), "Boosting the Efficiency of Architectural Visual Scripts", *Springer International Publishing Switzerland*, proceedings of the international Design Modelling Symposium 2015, Copenhagen, September 2015, pp. 479-490.

15 Yiping Lou, Philip C. Abrami, and Sylvia d'Apollonia, «Small Group and Individual Learning with Technology: A Meta-Analysis», *Review of Educational Research* 71, n° 3 (September 2001): 449-521.

16 Stanley, J. C. (2000). Helping students learn only what they don't already know. *Psychology, Public Policy, and Law*, 6(1), pp. 216–222.

17 Deleuze G. and Guattari F. (1980), *Milles Plateaux*, Editions de Minuit, Paris

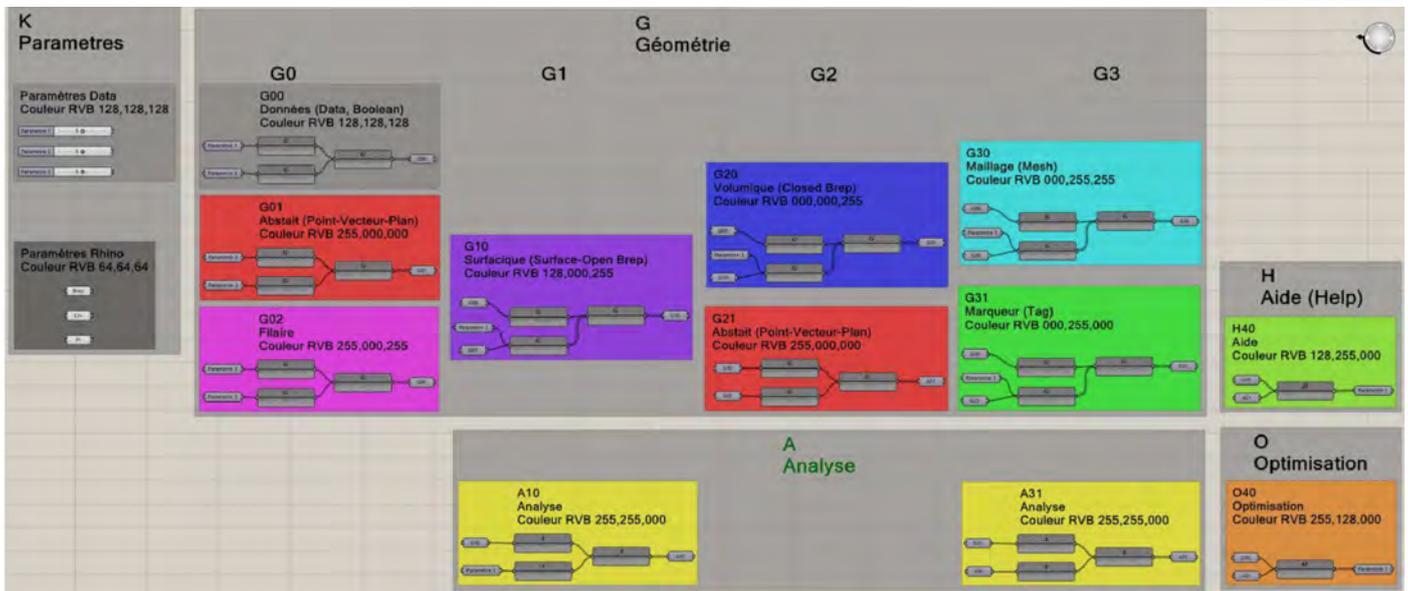


Fig. 5

Fig. 1 - ENSA Paris-Belleville L2 “Géométrie des Structures”. Behavior analysis of the dome on Santa Maria del Fiore through graphic statics.

Fig. 2 - ENSA Paris-Belleville L1 Exercices “la poussée” et la “flexion”. Force experimentation through resistance and balance exercises.

Fig. 3 - UNINA-DIARC and ENSA Paris-Belleville L3 “MOGE International Workshop”. Plywood structure and the plan of all the components prepared before to laser cut.

Fig. 4 - ENSA Paris-Belleville L3 “Géométrie Paramétrique 2 – Typologies constructives”. Morphogenetic process of the church St. Lukas in Bremen.

Fig. 5 - ENSA Paris-Belleville L3 “Géométrie Paramétrique 1”. Recommended organisation of the visual script inspired by the work of Zboinska (2015).

RE-DESIGNING SPACESHIP EARTH: SFIDE, OPPORTUNITÀ E STRUMENTI DI UN PROGETTO COSMOPOLITICO

Ramon Rispoli¹

Abstract

Il cambiamento climatico e la minaccia della catastrofe ambientale mostrano chiaramente che la “Nave Spaziale Terra” di Buckminster Fuller potrà continuare a funzionare e ad essere abitabile se e solo se tutti i suoi componenti - nessuno escluso - continueranno a cooperare. Per questo, come afferma Isabelle Stengers, la questione della coesistenza è oggi più che mai “cosmopolitica”: tutto ciò che non è umano ha e deve avere necessariamente voce in capitolo. Cosa implica guardare al progetto da una prospettiva cosmopolitica? Questo contributo ha l'intenzione di contribuire a gettar luce sia sul senso che sulle potenziali opportunità di un progetto cosmopolitico.

Keywords: Cosmopolitica, Spaceship Earth, Latour, Stengers, Naturocultura, Antropocene

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, ernestorammon.rispoli@unina.it

Non esiste il “fuori”

«Spesso sento la gente chiedersi: “chissà cosa si prova ad essere a bordo di una navicella spaziale”, e la risposta è molto semplice. Cosa si prova? È ciò che sperimentiamo da sempre. Siamo tutti astronauti», affermava mezzo secolo fa Buckminster Fuller (1969).

La biosfera stessa era per lui da vedere come una nave spaziale: una capsula protettiva – una “sfera di immunità”, come la definirebbe Peter Sloterdijk, che in un suo contributo recente ripropone questa celebre immagine del designer nordamericano (Sloterdijk, 2018) – in cui, però, le risorse che garantiscono la nostra sussistenza sono irrimediabilmente limitate. In una nave spaziale siamo tutti posti di fronte al compito di imparare a coesistere, e ciò costituisce una sfida allo stesso tempo difficile e inevitabile: come affermava lo stesso Buckminster Fuller, saremo destinati al fallimento se non saremo capaci di vedere la nave come un insieme, e il nostro destino come comune: tutti o nessuno¹.

Nella Nave Spaziale Terra, peraltro – come affermano, tra gli altri, Donna Haraway e Bruno Latour – è impossibile tracciare una linea precisa di demarcazione tra ciò che si considera naturale e ciò che invece è *culturale*, dato che non siamo osservatori esterni del mondo, ma partecipanti in esso, “invischiati” (Ingold, 2010) inestricabilmente nella sua materialità. E per lo stesso motivo, neanche altri ambiti considerati tradizionalmente “umani” – società, politica, tecnologia – possono essere pensati come chiaramente separati dalla natura.

Nella sua accezione generale il termine politica indica l'insieme di questioni e pratiche relazionate con il problema della coesistenza umana. Oggi più che mai, però, il cambiamento climatico e la minaccia sempre più vivida della catastrofe ambientale mettono in evidenza come la coesistenza non sia solo un problema “umano”, ma piuttosto un qualcosa che chiama in causa tutte le entità (viventi e non, materiali e non) che costituiscono gli ecosistemi della biosfera. Per questo motivo, la filosofa belga Isabelle Stengers (2005) preferisce parlare non di politica ma

piuttosto di “cosmopolitica”: una negoziazione continua e irrimediabilmente agonistica, un complesso esercizio di coesistenza in cui gli altri esseri viventi e le altre entità non viventi – ciò che soliamo vedere come mere “risorse” – hanno la loro voce in capitolo². In tal senso la definizione più esaustiva di cosmopolitica coincide di fatto con il suo obiettivo ultimo: «immaginare una comunità planetaria capace di includere tutte le forme di “attori” umani e non umani» (Fowkes and Fowkes, 2018).

La cosmopolitica non è quindi da confondersi con il cosmopolitismo, cioè con l'utopia di una sorta di società civile mondiale: questo sogno, illuminista e pertanto irrimediabilmente antropocentrico, celebrava il mito del progresso e lo faceva solo in relazione al genere umano.

Rispetto a ciò la cosmopolitica è un'idea decisamente meno umanista e ottimista: in un certo senso, in essa i due termini “cosmo” e “politica” si limitano e si integrano a vicenda. Da un lato, “cosmo” serve a chiarire che la convivenza riguarda non solo gli esseri umani ma tutte le entità che conformano il cosmo; dall'altro, la “politica” serve a chiarire che non esiste nessun ordine esteticamente e politicamente armonico – il *kósmos* greco nella sua accezione originaria – che sia stabile una volta per tutte, e che possa ottenersi senza l'esercizio del confronto aperto e della negoziazione collettiva.

Bruno Latour afferma che parlare di cosmopolitica ci obbliga a ripensare la politica da una posizione di “pluralismo ontologico”: se è vero che il cosmo è l'insieme di tutte le entità naturali e culturali che lo compongono, la nozione di politica non può più riferirsi al mero «dare e avere in un club esclusivamente umano» (Latour, 2004) ma deve diventare cosmica, aprirsi cioè ad includere ciò che non è umano. Da ciò, evidentemente, derivano nuove forme possibili di relazioni, di veri e propri “patti” tra umanità e ambiente.

Ciò, peraltro, è perfettamente coerente con la premessa fondamentale dell'ANT (*Actor-Network Theory*) di cui lo stesso Latour è stato l'ideatore e il principale promotore: lungi dall'essere isolate, tutte le entità che compongono il mondo – compresi noi umani – sono immerse in una complessa rete ecosistemica di

¹ Una tale prospettiva, evidentemente, mette in questione qualsiasi differenza tra interno ed esterno, tra “dentro” e “fuori”. In tal senso, ciò che gli anglosassoni chiamano *throwaway culture* non solo è esecrabile dal punto di vista etico e ambientale, ma si basa in un vero e proprio errore concettuale: l'*away* non esiste. Le cose non si gettano mai semplicemente via, ma si gettano sempre in qualche luogo specifico: il fondo dell'Oceano Pacifico, la cima dell'Everest. In un mondo visto da una prospettiva non più antropocentrica, la stessa nozione economica di “esternalizzazione” non ha più alcun senso: non c'è nessun “esterno” da colonizzare o sfruttare, proprio perché tutto è irrimediabilmente contenuto in una stessa sfera (Morton, 2017).

² Questa nuova concezione – molto più ampia – della politica ha avuto già riflesso nell'ambito del diritto internazionale: la costituzione dell'Ecuador riconosce esplicitamente i diritti di *Pachamama* (“madre terra” in lingua quechua), e quella svizzera riconosce la parità di diritti di piante e altri organismi.

relazioni con una molteplicità di altre entità (umane e non umane, materiali e immateriali), di modo che – come si è detto – la separazione tradizionale tra natura da un lato e cultura/società dall'altro si svuota di senso.

Naturalmente, adottare lo sguardo dell'ANT ha implicazioni enormi anche nell'ambito specifico dell'architettura, perché contribuisce a spostare l'attenzione dagli aspetti statici degli edifici – come quelli di ordine estetico e culturale – a quelli relazionali e processuali: la loro produzione e la loro gestione nel tempo e, soprattutto, la loro relazione con gli ecosistemi naturali e sociali in cui si iscrivono.

In tal senso, sembra utile ricordare la differenza tra nozione di oggetto e quella di “cosa” che lo stesso Latour riprende da Heidegger. Tale differenza rimanda all'etimologia stessa dei due termini sia nelle lingue anglosassoni che in quelle neolatine: l'edificio non è un oggetto – un qualcosa di statico, quasi “isolato” nello spazio e nel tempo – ma una cosa, una “questione” o ancor meglio un insieme di questioni sociotecniche e ambientali complesse e cambianti nel tempo. Prendere coscienza di questo intreccio di questioni e della loro natura contingente e dinamica porta a cambiare radicalmente il modo in cui si concepiscono sia il manufatto architettonico che la sua progettazione.

La cosmopolitica come *matter-of-design*

Il progetto ha una tradizione decisamente antropocentrica, che si è ulteriormente rafforzata durante l'epoca del modernismo. Guardarlo da una prospettiva cosmopolitica implica abbandonare definitivamente tale tradizione, e affrontare una questione tanto urgente quanto complessa: come contribuire a riorganizzare la coesistenza pacifica di umani e non umani, cioè come “ridisegnare il cosmo”. Questa questione generale si traduce, in termini concreti, in una serie di domande cruciali: su chi e su cosa verteranno le conseguenze – negative e/o positive – di una determinata azione di progetto? Come si tiene in considerazione la capacità di azione di altre specie ed entità, viventi e non viventi? Come è possibile riarticolarne gli interessi al fine di garantire loro una coesistenza la più possibile pacifica?

Per quel che riguarda l'architettura, da questa prospettiva «gli edifici non devono più concepirsi come “contenitori” di umani nei quali vanno inseriti determinati programmi, ma piuttosto come i processi che danno forma alle sfere (e alle atmosfere) che costituiscono gli ambienti di vita specifici che abitiamo» (Yaneva, 2015a, p. 5).

Neanche il progetto, quindi, può essere più considerato un dominio esclusivamente umano. In un mondo interdipendente “ogni progetto è partecipativo”: è un'attività di negoziazione tra entità molteplici ed eterogenee – non necessariamente umane né necessariamente viventi – con diverse capacità di azione.

Evidentemente, un tale cambiamento di paradigma ha conseguenze decisive sia nella cultura che nelle pratiche del progetto: se tradizionalmente gli esseri umani hanno avuto la pretesa, antropocentrica e tecnicista, di poter “pre-figurare” un'immagine determinata di futuro e di dare più o meno agevolmente forma tangibile a tale immagine, oggi è necessario che il progetto sia *cosmopolitico*, capace cioè di facilitare forme di collaborazione molteplici, e non predeterminate, tra entità umane e non umane.

Tradizionalmente l'essere umano pretende progettare al dettaglio, prefigurare soluzioni totalizzanti limitando il campo di azione delle altre entità, a partire dalla premessa antropocentrica secondo cui “gli uomini di buona volontà decidono in nome dell'interesse generale” (Stengers, 2005). E in tal senso, la cosmopolitica non è solo ciò che Latour (2004b) chiamerebbe un *matter-of-concern* – una preoccupazione condivisa di carattere

filosofico ed etico – ma soprattutto un *matter-of-design*: una questione di progetto. Si tratta innanzitutto di superare i limiti di qualsiasi approccio genericamente *human-centered* al progetto per includere le entità che finora sono rimaste sullo sfondo: in altre parole, si tratta di aprire a nuove, molteplici forme di collaborazione tra umani e non umani.

Diversi progettisti e studi di architettura contemporanei si sono già misurati con questa nuova sfida cosmopolitica.

Di grande interesse, in tal senso, è l'approccio dello studio dello svizzero Philippe Rahm, un caso esemplare anche per il ruolo attribuito alle tecnologie digitali nell'individuazione di nuove possibili forme di collaborazione umano-non umano.

Ricorrendo alla fluidodinamica computazionale (CFD) lo studio Rahm analizza il comportamento di edifici come anche di spazi esterni in relazione a parametri come la temperatura e l'umidità relativa. L'idea fondamentale è che le caratteristiche fluidodinamiche “natural” di un qualsiasi spazio debbano essere non forzate, ma piuttosto rafforzate attraverso scelte progettuali e tecnologiche concrete. Per quel che riguarda la temperatura, ad esempio, Rahm parte dalla premessa che – in base allo stesso comportamento naturale dell'aria – il calore tende a concentrarsi in alto. Ciò lo porta a stravolgere la maniera in cui tradizionalmente si approccia al progetto e a prediligere il lavoro sulla sezione verticale invece che sulla pianta: in alto si collocano gli ambienti che hanno bisogno di più calore e in basso quelli dove ne occorre meno, e si evita il più possibile di dividere internamente lo spazio affinché si comporti in modo omogeneo a livello microclimatico. Esempio in tal senso è il caso del progetto della biblioteca di Nancy: un unico *open space* le cui dimensioni variabili modulano il flusso interno dell'aria garantendo diverse condizioni di ventilazione – quasi come in una sorta di *canyon* artificiale –, e in cui le postazioni di lavoro sono poste a una quota superiore rispetto ai depositi di libri, che devono essere tenuti a temperature più basse. In questo modo «il clima non è più né fuori né dentro l'edificio; si tratta piuttosto di un mondo omogeneo, in cui la differenza tra dentro e fuori si trasforma nella differenza tra sopra e sotto» (Yaneva, 2015b). Logiche analoghe informano anche progetti di spazi esterni a firma dello studio, come quello del Jade Eco Park a Taichung (Taiwan) in cui gli alberi stessi sono concepiti come “tecnologie naturali” capaci di collaborare con quelle artificiali al fine di ridurre la temperatura, l'umidità relativa e l'inquinamento dell'aria.

Per questo motivo lo stesso Rahm propone – non senza una punta di provocazione – di sostituire il linguaggio stesso della composizione architettonica tradizionale con un lessico più ‘meteorologico’: non più un'architettura ma una *clima-tettura*, in cui il clima diventi vero e proprio principio tettonico dell'edificio (Yaneva, 2015b). Le parole di questo nuovo lessico sarebbero quindi umidità, luce, calore, evaporazione, conduzione, pressione. «*Forms follows climate*», come affermava il maestro indiano Charles Correa, che peraltro Rahm cita esplicitamente.

Un altro progetto “cosmopolitico” indubbiamente degno di menzione è la “Magic Mountain” progettata dallo studio madrilenno Amid.cero9 nella piccola cittadina di Ames (USA). Chiamati a “nascondere” il profilo di un'enorme centrale termoelettrica, i progettisti hanno scelto di farlo realizzando una membrana di rose e altre essenze floreali: la superficie esterna della centrale è diventata così un frammento di paesaggio dentro la città e – soprattutto – un vero e proprio ecosistema che nel tempo si è popolato di diverse specie di uccelli e farfalle le cui rotte migratorie passano proprio su Ames. Una sorta di montagna *naturato-tecnologica* co-progettata da umani e non umani, che si modifica nel tempo, e che – tra le altre cose – permette agli studenti della vicina università di studiare l'adattamento delle

diverse specie viventi (flora e fauna) al microclima caratteristico della regione. La premessa del lavoro di Amid.cero9 è quindi perfettamente in linea con la prospettiva cosmopolitica: lungi dall'essere la mera messa in atto di un piano prestabilito dagli esseri umani, nella loro visione ogni nuovo spazio o artefatto architettonico emerge come risultato dell'interazione complessa e contingente tra entità ontologicamente eterogenee (umane e non, viventi e non).

Ciò che questi casi hanno in comune, pur nella loro specificità, è proprio questa idea di “decentramento”. I progettisti sono capaci – almeno in una qualche misura – di “farsi da parte”, cioè di rinunciare all'idea, positivista e antropocentrica, di imporre una forma definitiva e totalizzante sullo spazio circostante. Si sostituisce l'imposizione con la “disposizione”, un atteggiamento totalmente diverso che permette di trarre benefici dalla “propensione” delle cose: fare in modo, cioè, che il loro stesso comportamento favorisca “spontaneamente” il raggiungimento degli obiettivi di progetto.

In tal senso, adottare un approccio cosmopolitico al progetto significa innanzitutto disfarsi della tradizionale «opposizione tra sottomissione e libertà», e cercare invece di «comporre le varie forze e i vari interessi per produrre effetti che non sarebbero neanche concepibili senza tale composizione» (Stengers, 2005).

Una situazione *win-win*, quindi, in cui gli umani non sono né gli unici ad agire né gli unici a trarre benefici: la natura non è più semplicemente lo sfondo inerte del progetto, ma ne diviene essa stessa co-autrice. Questo è il senso profondo di un progetto cosmopolitico, capace di creare le condizioni per la negoziazione - e di conseguenza, per la nascita di nuove possibili sinergie virtuose – tra entità eterogenee, umane e non umane.

Nel bel mezzo dell'antropocene il patto tra l'umanità e i suoi ecosistemi è ancora tutto da ridisegnare, ma una delle possibili strade per farlo potrebbe essere già tracciata.

References

- Fuller, R. B. (1969), *Operating Manual for Spaceship Earth*, Southern Illinois University Press, Carbondale IL.
- Fowkes, M. and Fowkes, R. (2018), “Cosmopolitics”, in Braidotti, R. e Hlavajova, M. (ed.), *Posthuman Glossary*, Bloomsbury, London/New York, pp. 132-349.
- Ingold, T. (2007), *Lines: A Brief History*, Harvard University Press, Cambridge (MA)/Londra, UK.
- Latour, B. (2004a), “Whose Cosmos? Which Cosmopolitics? Comments on the Peace Terms of Ulrich Beck”, *Common Knowledge*, vol. 10, pp. 450-462.
- Latour, B. (2004b), “Why has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern”, *Critical Inquiry*, vol. 30, pp. 225-248.
- Morton, T. (2017), *Humankind. Solidarity with Nonhuman People*, Verso, Londra/New York, UK/NY.
- Sloterdijk, P. (2001), *What Happened in the Twentieth Century? Towards a Critique of Extremist Reason*, Polity Press, Cambridge/New York, UK/NY.
- Stengers, I. (2005), “The Cosmopolitical Proposal”, in Latour, B. and Weibel, P. (ed.), *Making Things Public. Atmospheres of Democracy*, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 994-1003.
- Yaneva, A. (2015a), “Introduction: What is Cosmopolitical Design?”, in Yaneva, A. and Zaera-Polo, A. (ed.), *What is Cosmopolitical Design? Design, Nature and the Built Environment*, Routledge, Abingdon/New York, UK/NY, pp. 1-20.
- Yaneva, A. (2015b), “An Interview with Philippe Rahm”, in Yaneva, A. and Zaera-Polo, A. (eds.), *What is Cosmopolitical Design? Design, Nature and the Built Environment*, Routledge, Abingdon/New York, UK/NY, pp. 213-221.

L'INTENZIONE PROGETTUALE E LA NORMAZIONE CONSAPEVOLE ALL'EPOCA DELLA DIGITALIZZAZIONE: NUOVI DRIVER PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE

Adriano Ferrara¹, Elisabetta Ginelli², Elena Mocchio³, Gianluca Pozzi⁴

Abstract

Partendo da un approccio multidisciplinare e propositivo, il saggio vuole dimostrare come la normazione tecnica volontaria possa e debba essere un sostegno imprescindibile al Progetto nell'era digitale. Attraverso una visione e un linguaggio comune per una cultura della progettazione, la normazione tecnica consente di individuare modelli organizzativi di governance, obiettivi, strumenti e un linguaggio comune per identificare la rete di attori e promuovere la diffusione della conoscenza, affinché da dispositivo "passivo" e unidirezionale diventi attivo ed incentivante per "fare bene le cose".

Keywords: Adattività della norma, Condivisione dell'informazione, Informazione tecnica, Innovazione, Standardizzazione

¹ UNI - Ente Nazionale di Normazione, adriano.ferrara@uni.com

² DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, elisabetta.ginelli@polimi.it

³ UNI - Ente Nazionale di Normazione, elena.mocchio@uni.com

⁴ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, gianluca.pozzi@polimi.it

"(...) Grazie all'opera il progetto può diventare definizione normativa e la norma può disvelare un'intenzione progettuale. (...)" (Benvenuto, 1985)

"(...) Solo molto recentemente il progresso e il benessere dell'umanità hanno iniziato a essere (...) dipendenti dall'efficace ed efficiente gestione del ciclo di vita dell'informazione" (Floridi, 2017)

Progetto e codici adattivi condivisi

Siamo nell'era dell'informazione e, come dichiara Floridi, l'infosfera sta trasformando il mondo assumendo i contorni della quarta rivoluzione. Ma l'era digitale e l'intelligenza artificiale come trasformano, in particolare, il progetto di architettura? Lo mutano, lo agevolano nel suo evolversi processuale o lo dirigono, condizionandolo? Lo influenzano drasticamente o lo supportano nella fase decisionale? Digitalizzazione ed intelligenza artificiale sono strumenti per trovare e applicare strategie innovative? Sono supporti imprescindibili o si tramutano in un contemporaneo Hal? (2001: Odissea nello spazio).

Nella cultura tecnologica, il progetto vede la fase informativa (di contesto, tecnica, normativa, culturale, ecc.) come un momento cruciale. Compiere esperienze di progetto, affermava Zaffagnini, significa legare l'informazione al processo creativo. La disponibilità di informazione oggi non rappresenta certo un problema. Tutt'altro: questa dimensione permette flessibilità di opzione e innovazione, ma il come si tratta l'informazione è il vero tema. La capacità di scegliere, organizzare e possedere un linguaggio comune; gestire le possibilità di organizzazione, condivisione e trasformazione delle informazioni, gestirne il ciclo di vita senza esserne travolti e condizionati, sono i punti di riflessione generativi del saggio, che conduce a un pensiero conclusivo: vivere con e non nella "società digitale dell'informazione" per non dipendere dallo strumento, ma essere in grado di utilizzarlo e governarlo secondo una visione di progetto che tenga conto del contesto sociale, economico ed ambientale in cui si inserisce, valutando gli impatti diretti ed indiretti della sua realizzazione.

Il digitale è supporto fondamentale per l'innovazione con-

tinua (Arthur, 2009), sia per la capacità di gestire un immenso flusso di informazioni, sia per la resilienza che può mettere in campo attraverso l'elaborazione di soluzioni alternative a patto, però, che abbiano una matrice multidimensionale e multicriteriale tanto da permettere di affrontare la complessità della realtà progettuale. Il rapporto con la digitalizzazione e l'intelligenza artificiale è a un punto di svolta positivo (Elkhord, 2017), a condizione che – e forse ciò che sta avvenendo in questo momento di emergenza COVID-19 è dimostrazione di ciò – si operi in modo tale che: i) permanga una salda e condivisa guida culturale del progetto, in cui società e ambiente, idea e fattibilità possibile coesistano realisticamente, in una solidale sinergia tra aspetti ambientali, sociali, economici e istituzionali per intravedere strategie finalizzate all'equilibrio tra natura uomo e tecnologia; ii) si acquisisca conoscenza sulle potenzialità dello strumento digitale; iii) si forniscano norme di "sistema" a supporto del dialogo tra i diversi aspetti della progettualità, secondo un approccio olistico che vede negli elementi culturali, naturali e tecnologici, un "sistema complesso" che si integra e completa.

Oggetto di riflessione sono, quindi, i seguenti temi metodologici: i) l'orientamento strategico che individua il progetto; ii) il progetto della normazione per l'utilizzo delle informazioni; iii) il progetto della normazione per il progetto di architettura.

Orientamento strategico del progetto

Progetto-normazione-opera è la triade che la cultura tecnologica della progettazione ha posto sempre al centro del proprio interesse risultando determinante l'"intenzione", intesa come direzione, controllo e governance che l'azione progettuale deve avere sulla propria risultante.

Si dichiara che "il digitale scolla l'intelligenza dall'azione" (Floridi, 2017) e rischia di scollare l'opera di architettura dal progetto: la frammentazione (Losasso, 2017) potrebbe vanificare l'"agire finalizzato" che da sempre il progetto si pone come obiettivo.

Le citazioni pongono due questioni importanti che attengono, la prima, al rapporto con lo strumento e la seconda con

la modalità di gestione delle informazioni. L'atteggiamento progettuale disciplinare rifiuta il semplicistico "numero" della discretizzazione privilegiando input/output multicriteriali, multiscalarari e multidimensionali. Il progetto può garantire il valore etico a questi elementi, sottoponendoli ad azione di interpretazione, controllo e valutazione con una capacità di lettura che solo la conoscenza e il rafforzamento culturale continuativo sul significato di Progetto come sistema possono fornire.

La digitalizzazione mette in campo la differenza tra caos, come assoluta omogeneità, e disordine come luogo dell'indistinto. In uno scritto del 1985, Ciribini si sofferma sul tema della razionalità digitale e della razionalità analogica. La prima, egli dichiara, raggiunge risultati perfetti ma con la caratteristica di essere statistico-probabilistici poiché interpreta l'informazione ad una sola dimensione. La seconda affronta il tema informativo in modo qualitativo. La prima «con un'interpretazione simile al valore di scambio delle merci, la seconda si presenta con la sfumata ricchezza della pluridimensionalità del valore d'uso» (Ciribini, 1985).

Tale assunto, basilare, è probabilmente equiparabile alla differenza sostanziale che esiste tra il significato di complicazione e quello di complessità. In altri termini, senza riferimenti precisi e senza un linguaggio comune interoperabile culturale e tecnico, l'interpretazione del problema progettuale in chiave digitale si manifesta come soluzione di una "complicazione", con la certezza quindi di trovare una soluzione univoca e presunta perfetta per quella circostanza o, peggio per più circostanze, facendola diventare universale, globale e sensazionale. In questo modo, il rischio, anzi forse addirittura la certezza, è quello di scordarsi il valore del pensiero complesso che invece fa i conti con l'incertezza. È la certezza dell'incerto la caratterizzazione umana ed è compito della "macchina" aiutarci ad affrontarla, lasciando all'uomo l'autonomia decisionale e la possibilità di individuare soluzioni innovative. Il "software" è nelle mani dell'uomo, colto, ragionante e ragionevole, pro-attivo, che sa interpretare e guidare lo strumento, per non incorrere nella preoccupazione di "progettare il disegno" anziché "disegnare il progetto" (Giacchetta, 2019). Tale dichiarazione richiama l'esigenza di un'intelligenza dinamica e creativa, umana, che sa come connettere i nessi e individuare relazioni, che non si fa affascinare e fagocitare dal dispositivo ma che, attraverso le potenzialità di elaborazione delle connessioni, sa imporre un orientamento d'uso strategico per mantenere salda l'attenzione sul significato etico del Progetto. In altri termini il protagonista non è l'oggetto, ma colui che lo sa governare interrelando le diverse discipline e i diversi punti di vista convergenti nel progetto.

Contro questa tendenza è possibile, pur sembrando paradossale, proporre, tra le altre strategie, il concetto di "unificazione" in termini dinamici, che sostanzia l'idea di rendere organico un insieme costituito da parti e affronta la gestione del ciclo di vita dell'informazione, incentivando l'innovazione e la visione multidisciplinare. "Organismo" (edilizio) e "sistema aperto" dipendente dalla rete degli eco-sistemi a cui appartiene, è il valore che la cultura tecnologica attribuisce all'opera di architettura. Affinché ogni componente dell'organismo possa dialogare con gli altri e, insieme, possano dialogare con l'eco-sistema circostante, è necessaria l'assunzione di codici adattivi condivisi, unificati, di interoperabilità, che operino insieme per un determinato fine.

In una ri-appropriazione/assunzione di responsabilità del progetto, la norma tecnica può fornire gli strumenti in grado di supportare l'azione dei progettisti con i restanti attori, soprattutto istituzionali, in ogni processo decisionale. Questo può avvenire attraverso un metodo di progettazione che non "standardizza" rigidamente e staticamente l'operare, ma valorizza le differenze

e i risultati incentivando la sperimentazione, l'innovazione, pur garantendo l'univocità del riferimento. Un ruolo che la normazione tecnica oggi deve conquistarsi per diventare reale opportunità di azione.

Da un lato quindi la cultura di metodo e di pertinenza e dall'altro lo strumento per lo strumento.

Progetto e strumenti della normazione tecnica per l'utilizzo delle informazioni

Senza standard la vita di tutti i giorni non sarebbe la stessa. Le norme tecniche sono necessarie per garantire sicurezza, qualità, affidabilità e interoperabilità (Alreshidi, 2017). Ma rappresenta anche un contesto di condivisione di conoscenze e di trasferimento tecnologico, luogo di confronto e discussione internazionale tra tutti i soggetti socio-economici della società civile.

Fare normazione tecnica, ovvero standardizzare, significa:

- studiare, elaborare e pubblicare documenti di applicazione volontaria (norme tecniche, specifiche e rapporti tecnici, prassi di riferimento);
- incentivare e migliorare, garantendo prestazioni certe, la sicurezza, la qualità, il rispetto per l'ambiente, di prodotti, servizi, processi, modelli di business e organizzazioni, in tutti i settori industriali;
- codificare, per prodotti, servizi, professionisti e organizzazioni, nuove terminologie, metodologie, processi, competenze e modelli di organizzativi e di business, per garantire la salute, la sicurezza, la qualità e l'interoperabilità delle soluzioni utilizzate dal mercato;
- promuovere lo sviluppo di nuovi prodotti, servizi e modelli organizzativi ed il miglioramento degli esistenti attraverso l'applicazione delle norme tecniche, rappresentando un nuovo strumento di trasferimento e condivisione della conoscenza per l'ecosistema dell'innovazione;
- codificare il concetto di responsabilità sociale, amplificandolo fino ad intercettare il tema più esteso della sostenibilità, e tradurre principi e problematiche in azioni efficaci basate su norme internazionali di comportamento, condividendo valori ed approcci metodologici.

Infine, le norme tecniche sono strumenti di trasferimento tecnologico che, in una logica di eteronomia, supportano la ricerca, l'innovazione e la competitività per facilitare l'accesso ai mercati, garantire sicurezza e qualità, promuovere l'interoperabilità, diffondere fiducia all'ecosistema economico e sociale verso i prodotti innovativi, facilitandone l'accettazione.

Un esempio è la norma UNI ISO 26000:2010 "Guida alla responsabilità sociale", progettata per essere chiara e istruttiva anche per i non specialisti: essa introduce per la prima volta nel contesto della normazione tecnica il concetto di un approccio basato su valori, quali i diritti umani, ed una visione olistica degli impatti che ogni organizzazione e/o individuo, produce rispetto al contesto in cui opera. La norma fornisce una guida su come tutti i tipi di organizzazioni possono operare in modo etico e trasparente e aiuta a comprendere il loro impatto sulla società e come essi possano contribuire allo sviluppo sostenibile, suggerendo le azioni per allinearsi con le raccomandazioni internazionali promosse da importanti attori istituzionali quali, ad esempio, le Nazioni Unite, l'OCSE, l'ILO, ecc.

L'approccio olistico – in parte anche multidisciplinare – proposto consente di sviluppare un modello di governance che permetta di individuare le aspettative dei soggetti interessati attraverso un'analisi del contesto in cui ci si muove, impegnandosi al contempo a rispettarle. Diventa anche strumento per definire azioni prioritarie, secondo un approccio che si basa sull'analisi

della rilevanza e significatività delle questioni che emergono dal confronto con le parti interessate.

In un mondo in cui la tecnologia sta prendendo sempre più il sopravvento e dove i processi aziendali si stanno sempre più digitalizzando, arrivando a mettere in dubbio il rapporto uomo-macchina, si sollevano questioni etiche che soltanto pochi anni fa erano inimmaginabili, la cui soluzione, se possibile, può derivare solamente da una visione olistica e interdisciplinare, in grado di comprendere tali aspetti grazie ad una loro interpretazione in chiave etica e sociale. Tutto ciò al fine di poter sviluppare sistemi affidabili che includano garanzie di trasparenza, mitigazione dei pregiudizi, tracciabilità, in quanto strumenti fondamentali per accelerare l'adozione e l'accettazione dell'Intelligenza Artificiale.

La normazione, in questo senso, fornisce gli strumenti per rendere interoperabile, sicura ed affidabile l'azione dei progettisti, delle imprese, degli attori, soprattutto istituzionali, dell'ecosistema nel nuovo contesto digitale. E questo può avvenire attraverso un metodo di progettazione della normazione che non si limita a "standardizzare" staticamente ma abbia lo scopo di valorizzare i risultati innovativi, incentivandone la sperimentazione, per diventare opportunità in una logica di responsabilità sociale condivisa, adattiva, dinamica e flessibile. Lo standard diventa dunque uno strumento abilitante della progettazione nel contesto digitale, inserendosi come elemento di congiunzione tra uomo e tecnologia.

«A vision in which human beings and nature are at the heart of how digital innovation is developed, supported rather than gradually replaced by technologies that behave like rational actors but are in no way human»¹. È la visione che guida la dichiarazione siglata lo scorso febbraio dalla Pontificia Accademia per la Vita, Microsoft, IBM e FAO.

«Human agency and oversight, technical robustness and safety, privacy and data governance, transparency, diversity, non-discrimination and fairness, environmental and societal well-being, accountability», sono i requisiti europei per implementare sistemi di Intelligenza Artificiale e decision making affidabili².

I principi alla base della nuova strategia digitale UE³ sono le persone, la sostenibilità, la fiducia, la sicurezza e l'etica.

La tecnologia, la natura e le persone interagiscono in una nuova dimensione di responsabilità sociale all'interno di questi nuovi contesti ad alto impatto, per un nuovo approccio eco-sistemico alla progettazione. Prospettive future in cui la normazione tecnica è la *conditio sine qua non* per codificare, comprendere, interpretare e dare una direzione responsabile alla realtà digitale del futuro: un ruolo abilitante riconosciuto ampiamente nelle future politiche europee e nazionali⁴.

La normazione trasla da una dimensione meccanicistica e chiusa in orizzonti prescrittivi verso una dimensione generativa, innovativa, coinvolgendo in modo trasversale le dimensioni e i soggetti della filiera, in processo co-creativo che amplifica il valore dello standard stesso.

In questo contesto, come evidenziato nel paragrafo successivo, l'attività di pre-normazione risulta uno strumento attivo (e proattivo) di supporto concreto all'implementazione di questo approccio per un ecosistema della progettazione digitale consapevole, particolarmente, in termini di qualità e sistemi di ge-

stione, filiera della progettazione responsabile, rapporto uomo/ambiente.

Il Progetto della normazione di base per il progetto di architettura

Tecnologia, natura, persone: la pre-normazione, ovvero l'innovazione della e nella normazione tecnica, svolge un ruolo attivo, di spinta "gentile" volta anche a valorizzare le eccellenze in essere di nuovi contesti tecnologici, ma non solo. L'innovazione può essere anche sociale, perché è in grado di generare nuove idee (prodotti, servizi e modelli) che soddisfano dei bisogni sociali che allo stesso tempo creano nuove relazioni e nuove collaborazioni: innovazioni che sono buone per la società e che accrescono le possibilità di azione per la società stessa⁵.

«We can never guarantee user trust, but with standardization we can analyse all the aspects of trustworthiness, such as transparency, robustness, resilience, privacy, security and so on, and recommend best practices that make AI systems behave in the intended and beneficial way» (Filip, 2019).

All'atto pratico le attività di pre-normazione sono quindi uno strumento fondamentale per attivare una cultura della progettazione responsabile, sostenibile ed inclusiva nel nuovo contesto digitale. A livello nazionale l'UNI ha realizzato, con il supporto e la collaborazione di diverse organizzazioni, varie Prassi di Riferimento (UNI/PdR) per stimolare, diffondere e supportare operativamente questo innovativo approccio culturale affinché possano essere strumento di innovazione e di raccordo tra tecnologia, uomo e natura.

Un esempio di come lo standard fornisca un framework per attivare un approccio sostenibile e circolare alla progettazione, da implementare con le opportunità delle nuove tecnologie digitali, anche progettando il costruito in una prospettiva di *universal design*, ridando nuova vita e senso ad opere che altrimenti sarebbero risorse perse.

Conclusioni

Alla luce dell'inquadramento sopra esposto, si conclude affermando il ruolo centrale del progetto di architettura, della normazione tecnica e della norma, ovvero dello standard, quale mezzo di condivisione e sviluppo, nella consapevolezza che i rapidi e spesso non governati cambiamenti recenti possano relegare entrambi a meri spettatori dell'innovazione anziché esserne promotori e facilitatori. Per evitare ciò, il processo relazionale che caratterizza l'era digitale deve pertanto prevedere regole che permettano non solo una interoperabilità tecnica, ma soprattutto quella culturale del progetto, affinché anche le operazioni più tecniche non diventino asettiche frammentate azioni meccanicistiche. Comprendere, interpretare e dare una direzione alla realtà complessa del progetto richiede l'uso di strumenti comunicativi e di supporto alla decisione condivisi e flessibili. La norma va quindi intesa come strumento di comprensione e indirizzo per affrontare la complessità e disvelare l'intenzione progettuale. In questa ottica, il progetto può diventare definizione normativa, in un rapporto stretto e sinergico per una garanzia di qualità intrinseca dell'atteggiamento progettuale, ma anche di un contesto

1 Rome call for AI, febbraio 2020.

2 Ethics Guidelines for Trustworthy AI, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence.

3 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en.

4 COM (2020) 67 final "Shaping Europe digital future".

5 Murray, R, Caulier-Grice, J and Mulgan, G. (2010), *The Open Book of Social Innovation: Ways to Design, Develop and Grow Social Innovations*, The Young Foundation & NESTA.

progettuale che si possa definire come sistema aperto. In altri termini, l'esposizione è il tentativo di formalizzare una questione importante più ampia rappresentata dalla *sostenibilità istituzionale*, cioè una reale e pertinente intenzione politica, quale quarta dimensione imprescindibile della sostenibilità per il raggiungimento di un equilibrio tra cultura, natura, tecnologia, al fine di permettere alla digitalizzazione di essere «[...] bien plus qu'une simple opportunité, elle est un pas en avant, sans doute décisif, à même de faire évoluer la pratique de l'architecture» (Stanislas Chaillou, 2020). La collaborazione tra Università ed UNI va in questa direzione: il contributo è la sintesi della posizione della ricerca universitaria e della rinnovata prassi normativa dall'altra.

References

- Alreshidi, E., Mourshed, M., and Rezgui, Y. (2017), "Factors for effective BIM governance", *Journal of Building Engineering*, vol. 10, pp. 89-101.
- Arthur, W. B. (2009), *The nature of technology. What is and how it evolves*, Free Press, NY, USA.
- Benvenuto, E. (1985), "L'informazione per il recupero. Il sistema informativo: norma e progetto", *Recuperare*, vol. 19, pp. 359-362.
- Chaillou, S. (2020), "Architecte et chercheur en intelligence artificielle L'Intelligence Artificielle & l'Architecture", available at: <http://stanislaschaillou.com/arsenal/vtour/tour.html>
- Ciribini, G. (1985), "Il sistema informativo: presupposti e pregiudizi", *Recuperare*, vol.19, p. 103-106.
- Elkhodr, M., Shahrestani, S., and Cheung, H. (2017), *The internet of things: Breakthroughs in research and practice*, IGI Global, Hershey, PA.
- Filip, D. (2019), *The age of artificial intelligence*, ISOfocus, London, UK.
- Floridi, L. (2017), *La quarta Rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Scienza e Idee, Milano, IT.
- Giacchetta, A., Novi, F. and Raiteri, R. (2019), *La costruzione dell'idea, il pensiero della materia. Riflessioni sul progetto di architettura*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Losasso, M. (2013), "Tra teorie e prassi: cultura, tecnologia, progetto", *Techne*, vol.13, pp. 9-14.

<p>UNI/PdR 74:2019 Sistema di Gestione BIM – Requisiti</p>	<ul style="list-style-type: none"> • definisce i requisiti che una organizzazione deve attuare per migliorare l'efficienza del processo di programmazione, progettazione, produzione, esercizio ed eventuale dismissione dell'opera • promuove un approccio consapevole alla gestione della qualità nella progettazione in contesti digitale: i contenuti sono coerenti con la norma UNI EN ISO 9001:2015 in modo che le Organizzazioni possano facilmente integrare il sistema di gestione BIM nella logica internazionale della gestione qualità
<p>UNI/PdR 18:2016 Responsabilità sociale delle organizzazioni - Indirizzi applicativi alla UNI ISO 26000</p> <p>UNI/PdR 27:2017 Linee guida per la gestione e lo sviluppo di processi per l'innovazione responsabile</p>	<ul style="list-style-type: none"> • supportano i progettisti ad integrare le dimensioni della responsabilità sociale e innovazione responsabile nella fase di pre-progettazione affinché i principi etici e i valori umani siano driver trasversali in tutto il life cycle digitale del progetto
<p>UNI/PdR 49:2018 Responsabilità sociale nel settore delle costruzioni – Linee guida all'applicazione del modello di responsabilità sociale (UNI ISO 26000:2010 Guida alla responsabilità sociale)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • fornisce un focus applicativo nella filiera edilizia
<p>UNI/PdR 13:2019 (parte 0, 1 e 2) Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità - Edifici non residenziali</p>	<ul style="list-style-type: none"> • promuovono metodologie per una progettazione con al centro uomo, natura e tecnologia in termini di sostenibilità ed economia circolare
<p>UNI/PdR 24:2016 Abbattimento barriere architettoniche - Linee guida per la riprogettazione del costruito in ottica universal-design</p>	<ul style="list-style-type: none"> • fornisce una metodologia fondata sul concetto di accessibilità per tutti, basato sull'analisi del contesto, sulla metodica per il rilevamento delle criticità (compresi i criteri per l'individuazione delle barriere architettoniche e sensoriali) e sull'analisi delle scelte progettuali per interventi di abbattimento delle barriere architettoniche

Tab. 1

MATERIALI VEGETALI PER IMPIEGHI INNOVATIVI NEI MANUFATTI ARCHEOLOGICI

Alessia Vaccariello¹

Abstract

Il controllo dell'umidità e delle variazioni di temperatura nelle murature allo stato di rudere è un aspetto critico per il consolidamento e la conservazione del patrimonio costruito. L'obiettivo della presente ricerca è di indagare pregi e difetti dell'applicazione di un sistema di protezione delle creste murarie di manufatti archeologici attraverso l'impiego di materiali vegetali il cui utilizzo può condurre a vedere nella vegetazione un alleato piuttosto che un nemico da debellare, definendo un approccio ecologico in cui manufatti e natura costituiscono un sistema biologico co-evolutivo.

Keywords: Restauro, Archeologia, Soft-cap, Vegetazione, Materiali tradizionali, Innovazione

¹ Scuola di Specializzazione dei Beni Architettonici e del Paesaggio, Sapienza Università di Roma, alessiavaccariello@gmail.com

Introduzione

L'esposizione dei manufatti archeologici agli agenti atmosferici contribuisce enormemente ad accelerare il loro degrado. Due degli aspetti più importanti da indagare sono i livelli di umidità contenuti nella muratura e le sue variazioni di temperatura. Questi aspetti, combinati con le caratteristiche intrinseche dei materiali impiegati nella costruzione, l'età del manufatto, la qualità di esecuzione, le precedenti operazioni di restauro, finiscono con il minacciare significativamente la durabilità e la conservazione dei siti archeologici. Al fine di preservare e riuscire ad organizzare le strutture archeologiche in maniera efficace, è necessario capire quali siano le cause e i relativi effetti provocati dalle variabili ambientali e identificare i rimedi e le operazioni di restauro necessarie per minimizzare il loro impatto.

Esiste una vasta letteratura sugli effetti e sui rischi dell'impiego della vegetazione in architettura ed in particolare in aree archeologiche, che influisce sui cambiamenti delle condizioni microclimatiche e può incidere sulla conservazione stessa del sito¹. L'associazione della vegetazione alle rovine architettoniche ha radici nell'Inghilterra di John Ruskin, ma se li assumeva un sapore pittoresco, alla luce dei nuovi studi, ne assume uno inaspettato dalle connotazioni tecnologicamente incoraggianti. Negli anni, le coperture delle creste murarie in malta, conosciute come *hard capping*² si sono rivelate, alla prova del tempo, non appropriate alla protezione dall'ingresso di umidità e movimenti termici che continuano a stressare e a danneggiare la muratura. Piuttosto che proteggere i muri è stato dimostrato che le protezioni cementizie posso accelerare nel tempo i processi di deterioramento. Così, per contenere i problemi determinati dalla messa in opera di tali protezioni, è stata introdotta, negli ultimi anni, in molti siti archeologici in Inghilterra, Turchia e altri paesi, una procedura che prende il nome di *soft capping*³, che prevede l'impiego di materiali che da sempre sono appartenuti alla pratica costruttiva e che con il tempo sono diventati estranei ad essa. Attraverso l'analisi incrociata dei risultati ottenuti da un approccio scientifico sperimentale alla materia, si può arrivare,

dunque, al ripensamento di alcuni punti fermi della cultura del progetto contemporaneo. Lungi dal ritenere la presenza della vegetazione, della natura, come minacciosa, pericolosa, contaminante ed altra rispetto al manufatto archeologico, si vuole sottolineare il rapporto fruttuoso e simbiotico che le due realtà possono instaurare. Tale rapporto, infatti, riconosce nell'impiego della tecnologia la genesi di nuovi modi di progettare e di fruire del manufatto in armonia con i sistemi naturali e grazie ad essi.

La consistenza dell'architettura archeologica romana

Data la complessità dovuta alla specificità territoriale dei materiali impiegati, la manodopera disponibile in un dato tempo, luogo ed altro, non è possibile sistematizzare una casistica esaustiva delle applicazioni delle tecniche costruttive in muratura. Nonostante questo, è possibile osservare che buona parte dell'architettura romana sia caratterizzata da una muratura a sacco composta da due paramenti di varia natura che, in base alla disposizione dell'apparecchiatura muraria prende nomi diversi e al cui interno veniva gettato un nucleo in *opus caementicium*. Qualunque sia l'aspetto della parete (opera quadrata, mattoni ecc.), la parte interna della costruzione, dunque, è formata da elementi di qualsiasi forma, da scarti o da frammenti di tegole e di mattoni, legati con malta e contenuti tra i due paramenti accuratamente realizzati. Questi paramenti costituiscono una cassaforma permanente per una massiciata che occupa la maggior parte del muro e che funge da elemento portante⁴. Esistono molti edifici che presentano la forma tripartita ma il cui riempimento, lungi dall'essere il supporto essenziale, è costituito da un miscuglio di pietrame sommariamente legato all'argilla, fango e malta di pessima qualità.

Nasce, dunque, il problema della conservazione di tali strutture a causa della particolare sfida rappresentata dalla frammentazione dell'apparecchio murario, dalla porosità e malleabilità del materiale lapideo impiegato e della sua esposizione diretta all'azione degli agenti atmosferici. I manufatti allo stato di rudere, una volta persa la chiusura originaria, risultano per loro

1 Per citarne solo alcuni: Bettini, C., and Cinquanta, A. (1990), La vegetazione e i monumenti. Esigenze e metodologie nel controllo delle infestanti ruderali, Viterbo: Union Printing; Boni, G. (1988), "Flora Palatina. Vegetazione ed archeologia", in *Rassegna Contemporanea*, anno V, n. 1, Roma 1912, ripubblicato da ArborSapientae, Roma 2013; Filiteci, M. G., Rambelli, A., & Torraca, G. (2005), "Protezione vegetale su strutture di tufo. Esperienze sulle pendici del palatino", in *Materiali e strutture*, n. 5-6, pp. 165-175; Pirola, A., Montanari, C., and Credaro, V. (1980), *Valutazione speditiva del grado di protezione del mantello vegetale contro l'azione delle acque cadenti e dilavamenti*.

2 Protezioni delle creste murarie che prevedono l'utilizzo di malte cementizie, cocciopesto e pietrame.

3 Protezioni delle creste murarie costituite da manti erbosi.

4 Adam J.P. (1984), *La Construction romaine : matériaux et techniques*, Picard, Paris, pp. 137-163

natura fragili, permeabili ed esposti all'azione dell'acqua che riesce a penetrare con facilità all'interno della struttura, provocando importanti danni dovuti ad azioni meccaniche. L'associazione di umidità, temperature miti e depositi di polvere, creano un habitat favorevole alla nascita e crescita di specie vegetali⁵, che con il tempo provocano danni irreversibili al nostro patrimonio costruito dovuti anche agli apparati radicali delle specie infestanti che possono peggiorare la disgregazione e fessurazione della muratura creando veri e propri dissesti statici.

Protezioni delle creste con bauletti di malta e sue limitazioni

Per limitare i problemi sopra descritti, tradizionalmente, si ricorre alla messa in opera di bauletti di malta con cui si vuole creare, al di sopra della cresta muraria, un completamento, una nuova superficie di "sacrificio", che si degradi invece della muratura antica sottostante, realizzando uno strato sommitale a "schiena d'asino", o a pietre infisse, costituito da malta di calce mista a cocchiopesto o pozzolana la cui funzione è quella di rendere omogenea la superficie di scorrimento delle acque piovane ed impedire l'ingresso diretto dell'acqua all'interno della muratura.

L'*hard capping* definito, dunque, come l'uso di materiali lapidei sotto forma di pietrame e malta per consolidare e proteggere le creste murarie, presenta innumerevoli limitazioni e controindicazioni che sono state portate alla luce da diversi progetti di ricerca⁶ attraverso simulazioni e monitoraggio sul campo. Principalmente le malte impiegate spesso tendono, col tempo, a fessurarsi permettendo l'ingresso di acqua causando danni per congelamento e disgelo ed impediscono l'evaporazione dell'umidità accumulata all'interno della muratura. Questa causa la dissoluzione della matrice del materiale e i cicli di condensazione-evaporazione causano migrazione per capillarità dei sali dissolti e la loro cristallizzazione in altri punti della muratura con conseguenze quali efflorescenze e subflorescenze che indeboliscono il materiale causando sia perdite materiche che di valore estetico⁷. Altro problema di notevole rilevanza, caratterizzante tale applicazione, è il percorso preferenziale che viene a crearsi per il deflusso delle acque il cui scorrimento in facciata aumenta la possibilità della formazione di sgradevoli tracce di dilavamento sulle pareti, e colonizzazioni da alghe e microflora che incidono enormemente sulla conservazione del paramento murario da un punto di vista tanto estetico, quanto materiale e strutturale.

Soft capping e possibili implementazioni

In alternativa ai sistemi di copertura e protezione delle creste murarie in malta e cocchiopesto, negli ultimi anni, si stanno studiando ed impiegando in alcuni paesi europei e non, metodi alternativi tra cui il *soft capping* che prevede l'impiego di tappeti erbosi impiantati su strati di terreno, ghiaia e tessuti geosintetici.

L'impiego di "protezioni vegetali" si è rivelato essere, sotto alcuni aspetti, più efficace rispetto ai bauletti in malta, in quanto si comportano come vere e proprie barriere termiche sia quando

testate sul campo, come nel caso di Byland⁸, che quando testate con prove di laboratorio e di simulazione. Grazie all'impiego di *soft cap*, le variazioni di temperatura giornaliera si riducono significativamente, limitando di conseguenza la minaccia del danneggiamento del materiale causato dalla sua espansione e contrazione, in particolar modo per quei paramenti murari su cui si era precedentemente intervenuto con bauletti di malta. In più, al di sotto del manto erboso la temperatura non scende mai al di sotto degli 0°C, riducendo i rischi legati al congelamento dell'acqua contenuta all'interno della muratura. È stato, inoltre, dimostrato che l'impiego di questo metodo, ha ridotto la frequenza dei cicli di imbibizione e asciugatura delle creste riducendo di conseguenza le variazioni di umidità. Dunque, grazie alle ricerche condotte, in particolare, dalle Università di Oxford e della Pennsylvania si è potuto constatare come l'impiego di *soft cap* possa giocare un ruolo significativo per la conservazione di antichi monumenti. Nonostante i risultati ottenuti, viene però immediato constatare la differente consistenza delle apparecchiature murarie medievali anglosassoni, oggetto di ricerca da parte degli istituti precedentemente menzionati, rispetto a quella malleabile e spesso di pessima fattura che caratterizza le nostre strutture archeologiche.

Ricordando l'esperienza di Ippolito Massari⁹ nell'intervento di eliminazione delle infiltrazioni attraverso la pavimentazione delle Terme di Traiano si può pensare di reimpiegare l'argilla, come implementazione del *soft-capping*. Il rigonfiamento dell'argilla a contatto con l'acqua era lì impiegato per arrestare la penetrazione di questa all'interno delle strutture murarie in quanto l'argilla gonfiandosi tende a inibire il suo passaggio se interposta tra altri materiali come ad esempio sabbia, ghiaia o terra che esercitano una pressione forte a sufficienza da impedire la sua espansione¹⁰. Una tale barriera all'acqua è praticamente immune ai processi di invecchiamento, di ossidazione o attacchi biologici. Sebbene nel caso della Domus Aurea fosse associata ad un sistema di tubi di smaltimento delle acque meteoriche e materiali geotessili, si ritiene che tale applicazione dell'argilla anidra, possa essere integrata nella composizione del *soft-capping* come protettivo della muratura anche dall'insinuarsi delle radici in un sistema murario già fragile e frammentario. Infatti, tale materiale può essere impiegato sotto forma di polvere, a contatto con il manufatto, come livellante e protettivo e può fare da base per un conglomerato a base di cocchiopesto che possa finalmente ospitare il manto erboso direttamente appoggiato sulla muratura nel caso delle sperimentazioni oltremarina. Si ritiene che in questo modo tale intervento oltre che essere rispettoso della preesistenza, data la compatibilità dei materiali impiegati e quelli antichi, abbia buone possibilità di essere considerato anche reversibile, ma sarebbero necessarie ulteriori ricerche, studi, simulazione digitali e non perché tali ipotesi possano essere verificate e validate.

Conclusioni

Con il presente studio, si è dunque voluto portare all'attenzione l'utilizzo di una applicazione innovativa di materiali ve-

- 5 Camuffo, D. (2014), "Biological habitat", in *Microclimate for cultural Heritage. Conservation, restoration and maintenance of indoor and outdoor monuments*, Elsevier, pp. 95-97.
- 6 Lim B. A. (2009), *Soft Capping of Archaeological Masonry Walls: Far View House, Mesa Verde National Park*, University of Pennsylvania; Lee Z., Viles H., Wood C. (2009), *Soft capping historical walls. A better way of conserving ruins?*, University of Oxford and English Heritage.
- 7 Camuffo, D. (2014), "Micropore condensation and stone weathering", in *Microclimate for cultural Heritage. Conservation, restoration and maintenance of indoor and outdoor monuments*, Elsevier : 182-191.
- 8 Lee Z., Viles H., Wood C. (2009), *Soft capping historical walls. A better way of conserving ruins?*, University of Oxford and English Heritage. Nel caso specifico furono testate le performance di soft cap, comparate con quelle di bauletti tradizionali, sia con metodi di misurazione di umidità elettronici che esami di laboratorio.
- 9 Giavarini, C.. (2001), "Domus Aurea: The conservation project", in *Journal of Cultural Heritage*, 2(3), pp. 217-28.
- 10 Torraca G. (2009), *Lectures on materials science for architectural conservation*, The Getty Conservation Institute.

getali ed inorganici che da sempre hanno fatto parte della pratica costruttiva e che, se ulteriormente approfondita, potrebbe indurre ad indagare più profondamente la questione relativa ai fenomeni degenerativi della pietra sottoposta all'azione diretta degli agenti atmosferici e di definire così una più valida strategia per la conservazione dei siti che sia reversibile e compatibile con la materia antica e in cui il progetto, da una dimensione meccanicistica e chiusa in orizzonti prescrittivi, possa traslare verso una dimensione generativa nella quale trova spazio un approccio ecologico in cui manufatti e natura risultano tra loro connessi ed interconnessi. Le nuove metodologie di indagine e monitoraggio rendono possibile la conoscenza e lo studio di un nuovo modo di approcciarsi ai manufatti antichi. La Cultura del progetto si confronta oggi con un rinnovato rapporto tra tecnologia, ambiente e manufatto, che evolve da una condizione in cui la natura viene considerata come ostacolo e risorsa da cui trarre senza limiti materia ed energia, ad una nella quale è concepita come patrimonio con cui interagire in maniera attiva e fruttuosa.

Si vuole in questo modo tentare di ripensare il legame che intercorre tra gli aspetti della tecnologia *tout court* e delle risorse materiali disponibili in natura che la pratica costruttiva aveva messo da parte. Tecnologia e natura piuttosto che essere forze e sistemi contrapposti tra loro possono così svilupparsi vicendevolmente e trarre vantaggio l'uno dall'altro rivelandosi significative per la conservazione del patrimonio costruito.

References

- Adam, J.P. (1984), *La Construction romaine: matériaux et techniques*, Picard, Paris, FR.
- Boni, G. (1912), *Flora palatina. Vegetazione e Archeologia*, Arbor Sapientiae Editore, Roma, IT.
- Cairolì Giuliani, F. (1990), *L'edilizia nell'antichità*, Nuova Edizione, Roma, IT.
- Carandini, A. (1979), *Archeologia e cultura materiale*, De Donato Editore, Bari, IT.
- Lee Z., Viles H. and Wood C. (2009), *Soft capping historical walls. A better way of conserving ruins?*, University of Oxford and English Heritage, Oxford, UK.
- Lim, B. A. (2009), *Soft Capping of Archaeological Masonry Walls: Far View House, Mesa Verde National Park*, University of Pennsylvania, Pennsylvania, USA.
- Picone, R. (2013), "Dall'esperienza sul campo ai criteri generali" in Picone R. (ed.), *Pompei accessibile. Per una fruizione ampliata del sito archeologico*, L'Erma di Bretschneider, Roma, IT, pp. 443-453.
- Picone, R. (2018), "Archeologia e contesto: il ruolo del restauro", *Materiali e strutture: problemi di conservazione*, vol.13, pp. 63-114.
- Torraca, G. (2009) *Lectures on materials science for architectural conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA.
- Ugolini, A. and Fabbri K. (2017), "A methodology to evaluate outdoor microclimate of the archaeological site and vegetation role: A case study of the Roman Villa in Russi", *Sustainable Cities and Society*, vol. 35, pp. 107-133.

IL GIOCO EURISTICO TECNOLOGICO-AMBIENTALE DEL METAPROGETTO DEGLI SPAZI URBANI

Filippo Angelucci¹

Abstract

Le tecnologie digitali hanno ridisegnato i confini fra spazio urbano, tempo e naturalità, avvicinando la quotidianità del vivere la città alle metodiche del gioco. Tuttavia, la pratica del gioco tra più attori genera anche variabilità e instabilità che hanno un ruolo euristico fondamentale per la co-evoluzione fra individui e ambiente.

Nel metaprogetto, un'alternanza fra gioco serio ed esperienza euristica può riorientare co-evolutivamente gli spazi urbani aperti, abilitando molteplici esplorazioni progettuali per ricercare più gradi di adattamento fra abitanti, natura, tecnologie e società.

Keywords: Serious Game, Progetto euristico, Metaprogetto, Open Project, Exaptation

¹ Dd'A - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara, filippo.angelucci@unich.it

Lo spazio urbano aperto: gameficato, gameable, playable

Il passaggio dal sistema produttivo meccanizzato all'informatizzato non segna solo la storia delle ultime due decadi. Inizia già dai primi anni Settanta, con l'avvio dei processi di dematerializzazione dei prodotti, di limitazione di emissioni/rifiuti e di responsabilizzazione ambientale delle società industrializzate.

Partendo da giochi probabilistici, decodificazioni di enigmi e attività ludiche, questa terza rivoluzione scientifico-culturale ha generato una progressiva *gamefication* che ha ridefinito i gradi d'interazione con l'ambiente costruito in termini di velocizzazione, facilitazione e omologazione. Nel ricercare soluzioni immediate per risolvere problemi, semplificare processi, eliminare forme d'intermediazione, coinvolge comportamenti, abitudini e spazi nella formazione dell'"oltremondo" alternativo alla realtà ipotizzata da Alessandro Baricco nel suo saggio "The Game". Tale processo, involontariamente, sta modificando soprattutto le relazioni tra individui, società e natura che sono alla base delle dinamiche evolutive di tutti i sistemi socio-tecno-ecologici complessi come le città. La progressiva perdita di sensorialità e corporeità dell'esperienza dello spazio urbano, la contrazione dei tempi d'uso dei luoghi pubblici/collettivi e la riduzione delle diversità conoscitive e culturali evidenziano che la *smartness*, indotta dalla *gamefication*, semplificando e omologando, tende spesso a impoverire la ricchezza del vivere insieme la città.

Tuttavia, le metodiche del gioco possono anche diventare vettori d'innovazione nei processi di progettazione e trasformazione dell'ambiente urbano superando le forme tradizionali del progetto autoriale, predittivo e unidirezionale. Studiosi di vari ambiti disciplinari (Augé, Brown, Jankélévitch, Sennett, Taleb, Turner, Van Eyck, Ward) hanno individuato nel giocare l'attività preferenziale con cui individui e comunità immaginano le variazioni configurazionali dello spazio abitativo, in particolare degli spazi pubblici.

Gli spazi aperti della città, invece di subire una sterile *gamification*, possono diventare luoghi privilegiati, *gameable*, in cui sperimentare forme innovative desiderabili, probabili o possibili del vivere insieme. Come l'*homo ludens* immaginato da Huizinga, i diversi attori della città, condividendo regole, vincoli, codici e risorse, prevedono ed esperiscono pratiche generatrici della cultura e delle culture dell'urbanità. Negli spazi urbani

aperti l'esperienza del gioco, condotta in termini partecipativi e di co-design (Mayer et al., 2004), può assumere valenze progettuali importanti per sviluppare capacità di co-evoluzione fra uomo, spazi, natura, società e tecnologie.

Inoltre, alla costruzione di città *smart* può affiancarsi un processo costruttivo di creatività multidimensionali e intelligenze condivise, integrando tecnologie analogiche e digitali in un percorso conoscitivo-progettuale dello spazio urbano che coinvolge più attori, saperi, capacità e abilità. Gli spazi urbani potranno allora diventare anche *playable*¹, generando più connessioni e interazioni, anche non prevedibili, fra persone e ambiente urbano (Nijholt, 2017). Attraverso l'uso giocoso e anche trasgressivo delle tecnologie di progetto si potrà contribuire al ripensamento dello spazio connettivo della città come bene comune, riscoprendone il valore del progettare inventivo e sviluppando negli abitanti abilità di adattamento proattivo con l'ambiente.

Gioco serio e progetto euristico dello spazio urbano

Esiste una dimensione "seria" del gioco che usiamo per misurare le nostre capacità, proiettare visioni, sperimentare soluzioni, imparare dagli errori, assumendo una posizione pre-adattativa rispetto alla disponibilità di risorse (Avedon e Sutton Smith, 1971). Il giocare è centrale nella co-evoluzione fra persone, tecnologie, natura e società, per attivare progettualità policentriche e costruire i "paesaggi adattativi" della complessità suggeriti da Mauro Ceruti, entro cui esplorare le molteplici traiettorie esperienziali e conoscitive dell'evoluzione.

L'esperienza adattativa è sempre stata una condizione ineludibile per la vitalità di una città. Negli spazi pubblici tradizionali si cammina, lavora, compete, costruendo le basi della convivenza comune, ma si opera anche in termini progettuali allestendo, trasformando e plasmando lo spazio reale attraverso entità fisiche. Nelle entità urbane più indefinite di recente formazione, (*in between*, eterotopie, terzi paesaggi, liminali, *fringe area*), sono invece soprattutto le tecnologie digitali a fare interagire persone, oggetti e informazioni in modo ubiquitario e virtuale, a livello locale e globale.

Invece di alimentare la contrapposizione fra nostalgie meccanico-analogiche ed enfasi informatico-digitali, nell'ambiente urbano è oggi necessario un riavvicinamento fra l'esperienza

¹ La specificazione fra spazio *gameable* e *playable* fa riferimento alla distinzione della lingua inglese tra gioco-*game*, sistematico, ripetibile, regolato, con risultati prevedibili e gioco-*play* spontaneo, occasionale, effimero.

tri-quadrimensionale reale degli spazi aperti e quella polidimensionale emulata/simulata degli spazi collettivi virtuali.

Le tecnologie digitali possono contribuire alla co-evolutività del processo di ripensamento degli spazi urbani, rendendone fluido, aperto e reversibile il contenuto informazionale, cognitivo ed esperienziale. Attraverso un dialogo fra tecnologie analogiche e digitali, riposizionare al centro del pensiero progettuale le dimensioni sensoriali, percettive, emozionali, corporee e sociali dello spazio urbano aperto può assumere una doppia valenza innovativa.

In primo luogo, permette di recuperare l'ampia tradizione del design ambientale (Jacobs, Lynch, Fitch, Hertzberger, De Carlo, Habraken, Van Eyck, Appleyard) che, pur non avendo a disposizione le attuali capacità di calcolo, previsione e simulazione, ha anticipato la necessità di attivare negli spazi urbani processi d'interazione reversibili fra tecnologie, natura e abitanti.

Può inoltre favorire le potenzialità del progetto euristico, affiancando dispositivi eterogenei di lettura, analisi e progettazione "mettendo in gioco" non atti d'invenzione univoci e inamovibili ma processi di orientamento dell'operare inventivo (Nardi, 2010) che oggi, come in tutti gli spazi abitativi, devono confrontarsi con elementi inconsci, incertezze, indeterminatezze, non linearità.

La multidimensionalità esperienziale degli spazi urbani aperti si può cogliere nel valore che essi assumono come sistemi spazio/ambientali di regolazione ecologica, socioeconomica, culturale, decisionale, percettiva e comportamentale. Il vuoto si configura come campo d'interazioni fra spazio fisico e universo psichico (Tagliagambe, 2018) e dall'incontro fra input sensoriali (*landscape*) e archiviazioni soggettive prototipiche (*mindscape*) (Lingiardi, 2017).

Le tecnologie digitali permettono di acquisire, in modo massivo, dati dallo spazio fisico e provenienti direttamente da individui, gruppi e comunità, restituendone variabilità spazio-temporali e diversità soggettive.

È però solo nel progettare euristico che all'archiviazione di dati di varia natura si possono affiancare cinque componenti che sono centrali per i processi di adattamento co-evolutivo e sono ricorrenti anche nel gioco: incertezze, possibilità, cooperazioni e motivazioni e, non ultima, l'intenzionalità deviante, specifica della ricerca adattativa e dell'indagine poetico-scientifica del progettare (Lotto, 2017).

Le dimensioni esperienziali multiple integrabili nei processi euristici attraverso l'uso delle tecnologie digitali di progetto riguardano due ambiti:

- le esperienze di *landscaping*, riguardanti le capacità del sistema spazio/ambientale urbano di favorire o inibire l'accesso alle risorse, l'attraversamento di spazi e lo stazionamento per svolgere attività;
- le esperienze di *mindscaping*, relative alla capacità del sistema spazio/ambientale urbano di abilitare o disabilitare la mobilità degli utenti, la misurabilità degli spazi e la mobilità ecosistemica.

L'incremento di flussi informativi, la condivisione di conoscenze e il coinvolgimento di più *player* possono quindi avvicinare il progetto degli spazi urbani aperti alla pratica euristica del gioco serio per condividere linguaggi, elaborare strategie, sviluppare paesaggi, apprendere dagli errori.

Il gioco euristico-esperienziale del metaprogetto

Nelle città si giocheranno le principali sfide per la ridefinizione inclusiva, accessibile, rigenerativa, identitaria, salutare ed economicamente vitale degli spazi aperti, dove sarà necessario

esplorare molteplici livelli d'interazione per misurare, mappare, ricercare tracce, registrare, esperire percorsi (Gehl and Svarre, 2013). L'esplorazione delle interazioni è una questione riguardante il metaprogetto; quest'ultimo risente però ancora oggi di un'eccessiva sequenzialità lineare di azioni che si ripropone anche nel progetto degli spazi urbani pubblici.

Incrementando l'acquisizione di conoscenze e il coinvolgimento di più attori, le tecnologie digitali possono contribuire a trasformare il metaprogetto in un "mix ipertestuale natura-cultura" di eventi empirici, culturali e comunicativi (Proni and Trocchianesi, 2008) di particolare importanza. Contrariamente all'idea di evoluzione come sequenza lineare di adattamenti specifici, infatti, Gould e Vrba hanno precisato che nei sistemi complessi (naturali e artificiali) si può parlare di co-evoluzione basata su processi non lineari di "exattamento" (*exaptation*). In una sorta di gioco imprevedibile, si attiva un repertorio di ridondanze utili per affrontare i cambiamenti.

La ridondanza informazionale delle tecnologie digitali può abilitare nuove e inedite traiettorie d'indagine nella ricerca di più gradienti exattativi, ampliando su diversi livelli spaziali e in modo sincronico, diacronico e anacronico le attività del metaprogetto degli spazi urbani (esplorare scenari, elaborare visioni, sviluppare concetti).

Un adeguato gioco euristico tecnologico-ambientale fra processi/strumenti analogici e digitali può ridefinire integralmente la pratica metaprogettuale degli spazi urbani pubblici non come sequenza di attività preordinate, ma come sistema aperto di esperienze multidimensionali e a-scalari che agiscono su più gradi di interattività (Figg. 1a, 1b).

Nell'esplorare. Le attività esplorative, da indagini univoche preparatorie del metaprogetto, assumono una connotazione partecipativa grazie alle tecnologie ludico-educative. I sopralluoghi negli spazi della città sono anticipati da pre-esplorazioni *on line* (*mapping, media-commons sharing, webbing*). In una seconda fase, acquisiscono un carattere esplorativo come *digital storytelling*, includendo esperienze *on site* di più attori, supportati dalla multimedialità dei *wearable digital device*. In un terzo livello differito anticipano le attività di rilevamento, assumendo un carattere di sintesi *ex site* di conoscenze, dati e pareri soggettivi e condivisi (*social networking, sharing communities, blogging*).

Nel rilevare. Le azioni di rilevamento degli spazi urbani non si limitano più all'acquisizione delle informazioni e dimensioni metriche. Con i processi *reality capture* si possono ricostruire modelli digitali di elevazione (DTM, DSM, DEM) che, interfacciati con sistemi GIS e database *open access*, delineano il passaggio dalla cartografia bidimensionale all'analisi metaprogettuale poli-dimensionale. I modelli digitali possono interagire sia con dati, informazioni ed esigenze di tipo esplorativo/soggettivo (ambienti *3d immersive, smart app, Participatory/Voluntered GIS*), sia supportare simulazioni deduttive e oggettive basate su statistiche, algoritmi e sistemi esperti.

Nel modellizzare. I processi di elaborazione del *game design* (*environmental immersive, city-building games*) possono contribuire alla definizione, per analogie e omologie, di modelli metaprogettuali dello spazio urbano aperto coerenti e rispondenti a dati reali, falsificabili e modificabili. È una fase in cui si svolge il passaggio dalle elaborazioni sintetico-deduttive alle proposizioni analitico-induttive. Si affiancano alla modellizzazione statica tematica (strutturale, organizzativa, formale) ulteriori livelli spazio/ambientali dinamici (spazi, luoghi, tempi, ciclicità, assetti, funzioni, processi), estendendo le indagini metaprogettuali alle alternative d'intervento strategiche, tattiche e operazionali.

Nell'immaginare. Il connubio dinamico fra aspetti quali-quantitativi (*gaming emulation/simulation, virtual, mixed*

e *augmented reality*) estende oggi l'immaginazione metaprogettuale degli spazi urbani aperti da espressione individuale a esperienza collettiva per diverse cronologie e modelli d'uso. Si estende il metaprogetto a spazializzare, tracciare e temporalizzare molteplici relazioni-conessioni riguardanti: gradi d'interazione (coerenze/incoerenze, leggibilità/crypticità, domini/rifugi, complessità/riduzioni, distanze/estensioni) e gradi di fruizione (pubblico/privato, interno/esterno, robusto/fragile, freddo/caldo, luce/ombra, sicuro/pericoloso, fisso/mobile).

Nel progettare. Il settore del *game design* inizia a influire anche sull'evoluzione dei sistemi di *city-building information modeling* ampliando il metaprogetto a livelli di programmazione, pre-monitoraggio e verifica riguardanti la progettazione definitiva/esecutiva degli spazi urbani aperti. Le dimensioni dell'intero processo progettuale possono essere esplorate rispetto a molteplici realtà, contesti e gradi d'innovazione. Il metaprogetto può così estendersi a considerare più inferenze propositive individuali e condivise, più cicli di vita del progetto e più livelli di verifica, secondo indicatori prestazionali oggettivi e giudizi di valore soggettivi.

Le innovazioni digitali possono quindi assumere un ruolo centrale per attivare nel metaprogetto degli spazi urbani aperti quel sottile gioco di alternanze fra metodiche del *serious game* e pratiche euristiche.

Secondo Sennett, nel suo saggio *Costruire e abitare*, in tutti i processi evolutivi che comportano ripensamenti dell'ambiente abitativo comune agiscono sempre temporalità estese, difficoltà, contrasti, imprevisti, instabilità. Per riavviare una co-evoluzione individuo, natura, tecnologia, società negli spazi aperti della città è quindi necessaria non una progettualità autoriale, unidirezionale o ultra-contestualizzata, ma un processo progettuale aperto per ridefinire, ogni volta, nuovi e più orizzonti di adattamento.

Nel metaprogetto, le tecnologie digitali (affiancate alle analogiche) possono generare quelle utili instabilità, indeterminanze e reversibilità necessarie per esperire, sperimentare e ripensare gli spazi urbani come beni comuni: evitando gli eccessi della progettazione dall'alto e delle soluzioni spontanee dal basso; sperimentando più livelli d'interazione fra sistema fisico, sociale, culturale ed economico; costruendo progetti condivisi; sviluppando nuove capacità di correlazione tra fini e mezzi.

References

- Avedon, E.M. and Sutton-Smith, B. (1971), *The study of Games*, John Wiley, New York, NY.
- Gehl, J. and Svarre, B. (2013), *How to study public life*, Island Press, Washington D.C., USA.
- Lingiardi, V. (2017), *Mindscapes, Psiche nel paesaggio*, Raffaello Cortina Editore, Milano, IT.
- Lotto, B. (2017), *Deviate. The Science of Seeing Differently*, Hachette Books, New York City, NY.
- Mayer, I.S., Carton, L., de Jong, M., Leijten, M. and Dammers, E. (2004), "Gaming the future of an urban network", *Futures*, vol. 4, pp. 311-333.
- Nardi, G. (2010), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, IT, pp. 186-195, 251-260.
- Nijholt, A.N. (2017), *Playable Cities. The City as a Digital Playground*, Springer, Singapore, SG.
- Proni, G. and Trocchianesi, R. (2008), "Paesaggi ipertestuali", *RI-vista. Ricerche per la progettazione del paesaggio*, vol. 8, pp. 49-60.
- Tagliagambe, S. (2018), *Il paesaggio che siamo e che viviamo*, Castelvecchi, Roma, IT.

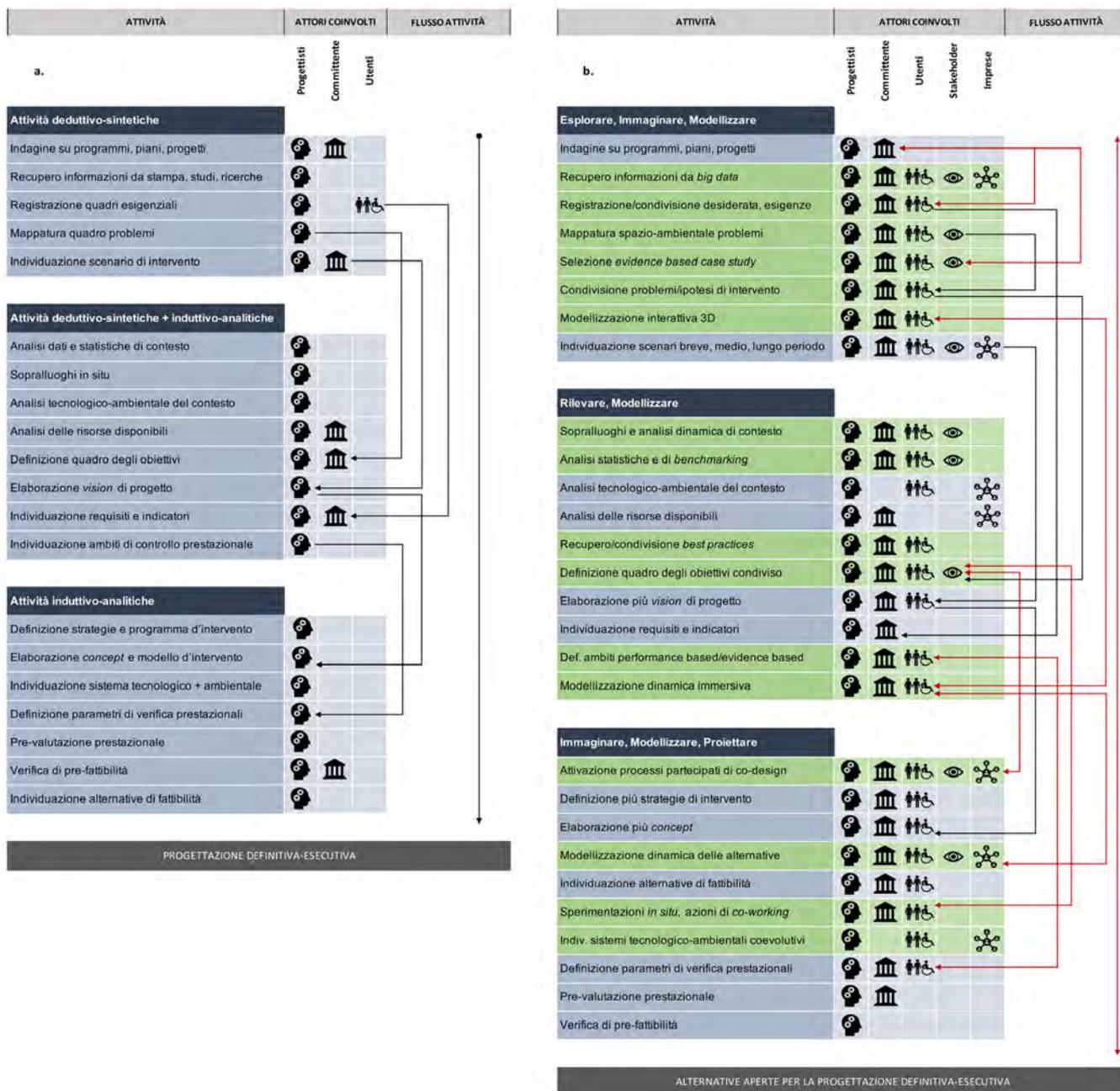


Fig. 1

Fig. 1 - Confronto fra la sequenzialità lineare del metaprogetto basato su strumentazioni analogiche (1a) e la multi-direzionalità del processo metaprogettuale ibrido, basato su strumenti analogici e digitali. Elaborazione dell'autore

PROJECT ASSESSMENT

TECHNOLOGICAL SUSTAINABILITY AND DIGITAL TOOLS

Elisabetta Bronzino¹, Luca Buoninconti², Dora Francese³

Abstract

Assessment methods are employed for orienting choices for sustainable architecture design: a Model and its various paths is illustrated, VAdE, coined by the authors. Results and focus on critical points of its adoption led the authors to improve the system by processing it in synergy with the information tools. One, BIM, has been interfaced with VAdE. An innovative system, on-going developed, is here described: so the digital architecture model dialogues with the method, providing an original interface between increasing use of BIM and urgent need of environmental quality knowledge.

Keywords: Environmental Assessment Model, BIM software, Sustainable design, Building system

¹ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, elisabettabronzino@gmail.com

² DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, luca.buoninconti@istruzione.it

³ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, francesese@unina.it

Introduction

Once the question of buildings' assessment has been raised, a number of various systems have been created and tested, each of them aimed at a different goal, but mainly as an aid for orienting the design process and for observing the existing condition of a construction. Some were intended to verify the liveability quality, others at clarifying construction suitability, and in the end of the XX century a great number of assessment systems were developed so as to evaluate sustainability level of fabrics¹ (Kawazuy and Yokoon, 2005).

Many studies have been developed, because «[...] sustainability is an important factor in competition, increasing the added value of a company in terms of image and credibility. However, it is important that sustainability assessments are effectively addressed in a global perspective. Therefore, life cycle tools are adopted to evaluate environmental and social impacts» (Corazza, 2017).

The wide development of these methods demonstrates the need of caring towards resources' use, by encouraging their saving, so benefitting economic resilience; by favoring re-distribution, with a policy focused on equity principle; by allowing regeneration, by means of ecosystems' protection that make possible the cyclic balance through which Nature renovates herself. In simple words, by following the path indicated by Sustainable Development as unique solution for a controlled growth, while subtracting ourselves from the logic of profit (Drejeris, 2004).

Moreover it can be noticed how the goals of sustainability are not utopian or unattainable, because, as we know, decrease of consumption, rationale use of resources, mandatory employment of environmental assessment methods applied to any human activity – so as to estimate the repercussion on ecosystems – would allow within short period to significantly moderate man's ecological footprint on Planet. Furthermore the information network could guarantee data flow and storage, provided that it were clear that

digital resources are not unlimited and lean on physical hardware which occupy space and consume energy; thus the datageddon should be subtracted only to the sole logic of big data marketing.

Target	W	Liveability class	W	Requirements	W	
Biocompatibility	55	Healthy	55	Safety	36	
				Ergonomics	34	
	Psychosocial quality	30				
	Comfort	45	45	Sound comfort	24	
				Visual comfort	25	
				Hygro thermal comfort	28	
				Tactile comfort	23	
Ecosustainability	45	Mitigation	55	Ecosystem protection	24	
				Land asset	25	
	Saving	45	45	45	Limitation to greenhouse effect	25
					Reduction of ozone depletion	26
					Material resources	35
					Energy resources	31
					Deforestation	34

Tab. 1

VAdE Assessment Method and Calculation Worksheets

According to what aforesaid, a research team of CITTAM² has been investigating along years an Assessment method for Environmental Quality, so called VAdE³, as part of a number of studies aimed at diffusing good practice for sustainable constructions in Mediterranean culture. The method is addressed to designers, maintainers, contracting authority and all the stakeholders of the building process, so conveniently articulated according to a requirement-performance logic, i.e. framing the evaluation process within the technological system. VAdE shares with other tools the multicriteria structure, aimed at comparing and mediating different criteria by means of a score graduation (from 1 to 5) able to homogenize judgments. Other elements of the Matrix are Indicators (measurable variables), Targets (according to Ecosustainability and Biocompatibility); Liveability classes (Health, Comfort, Mitigation and Saving); Requirements (14 descriptors of the requirements according to UNI standards) (UNI, 1999). Each element is weighted according to ponderal importance among the others (Tab. 1).

¹ Some methods are: BREEAM (UK), LEED (Canada), HQE (France.), ITACA (Italy), GB tool (Canada), CASBEE (Japan), Green Globes™ (USA), Green Star (Australia). Reedr, B., Wilkinsons., S.W.(2009), International comparison of sustainable rating tools, JOSRE, Vol. 1, n. 1

² CITTAM is an Interdepartmental research Centre in University of Naples "Federico II", in which the authors work and carry out research

³ VAdE (Valutazione Ambientale degli Edifici / Buildings' Environmental Assessment) was developed in 2006. Francese D. (2007). *Architettura e Vivibilità. Modelli di verifica, principi di biocompatibilità, esempi di opere per il rispetto ambientale*. FrancoAngeli: Milano.

1 st Level – Effects on target: Environment						
2 nd Level – Liveability Classes: B2 SAVING						
3 rd Level – Requirements: B 2.3 Reduction of Deforestation						
Parameters	Design indicators	Score	Average	Threshold	Standards	Note
4 th Level	5 th Level	6 th Level	7 th Level			
Products and materials used in the building	Amount of wood, vegetable resin, cellulose, paper and cork wholly employed	4	4,4	1 = 0% < amount < 20%; 2 = 20% < amount < 40%; 3 = 40% < amount < 60%; 4 = 60% < amount < 80%; 5 = amount > 80%		
	Percentage of origin from sustainably managed forests	5		1 = origin from non sustainable forests; 2 = 1 – 20% coming from sustainable forests; 3 = 21 – 40%; 4 = 61 – 80%; 5 = 81 – 100%		
	Percentage of material owning certification declaring the origin from sustainably managed forest	5		1 = none of certified material; 2 = 1 – 20% coming from sustainable forests; 3 = 21 – 40%; 4 = 61 – 80%; 5 = 81 – 100%		
	Percentage of local regional origin	4		1 = 0% < p < 20%; 2 = 20% < p < 40%; 3 = 40% < p < 60%; 4 = 60% < p < 80%; 5 = 80% < p < 100%		
	Durability (of wood and derivated products)	4		1 = very low; 2 = low; 3 = medium; 4 = high; 5 = very high		

Tab. 2

DESCRIPTION	Quantity	Measure Unit
Surface of the dwelling unit		
Covered Surface	69,76	m ²
Uncovered surface	0,00	m ²
Coefficient for uncovered surfaces	15	%
Calculating surface	69,76	m²
Number of Inhabitants	2	
CONSTRUCTION		
H ₂ O equivalent of the construction	691,90	m ³ /year
Thousandths of Dwelling unit	53,4	/1000
H ₂ O equivalent of the construction	36,9	m ³ /year
H ₂ O equivalent of the construction	3,6	m ³ /year
Total of Construction	40,5	m³/year
Incidence of H₂O equivalent for squared meter	0,6	m³/m²year
Incidence of H₂O equivalent pro capite	20,3	m³/year person
UESE and MAINTENANCE		
H ₂ O equivalent of the construction	1,4	m ³ /year
Thousandths of Dwelling unit	53,4	/1000
H ₂ O equivalent for dwelling unit	0,1	m ³ /year
H ₂ O equivalent for dwelling unit	79,2	m ³ /year
Total use and maintenance	79,3	m³/year
Incidence of H₂O equivalent for squared meter	1,1	m³/m²year
Incidence of H₂O equivalent pro capite	39,7	m³/year pers.
TOTAL H₂O EQUIVALENT		
H ₂ O equivalent for dwelling unit	37,0	m ³ /year
H ₂ O equivalent for dwelling unit	82,8	m ³ /year
Total H₂O equivalent	119,8	m³/year
Incidence of H₂O equivalent for squared meter	1,7	m³/m²year
Incidence of H₂O equivalent pro capite	60	m³/year pers.

Tab. 3

A threshold system allows to confer each indicator one score, while the average score returns the number to be allocated to the parameter (Tab. 2), and the average parameter is the final mark to assign to the corresponding requirement.

By employing weights (Tab. 1) it is possible to calculate scores for the four Liveability Classes, the two Targets and finally the global VAdE Index, through use of a matrix expression where scores and weights are indexed with subscripts, so finally

achieving the formulation of the final Assessment⁴:

$$VAdE = \sum_i w_i t_i \sum_j w_j (\sum_k w_{jk} c_{ij}),$$

$$c_{ij} = \sum_h w_{jh} (\sum_k p_{ijhk})/k, p_{ijhk} = (\sum_m i_{ijhkl})/m.$$

During such activities the Method have been changed, improved and made suitable to various goals, for example according to technical and regulatory standards. Besides allowing calculation processing with a Notebook, it is also possible to manage data programmatic redundancy (Mecca, 1991). There is in fact a grid for insertion, whose worksheet provides distribution of numbers into cells, so reducing implementation time and mistake risk. In order to reduce another critical aspect – data collection – a different methodology for facilitating insertion of values calculation in the matrix has been created, mainly when, during the project processing, it is desirable to test many different design options.

A first approach to this problem’s solution was developed in 2014, with an integrated system for assessing the water quality within the entire life cycle of a Building. This study, completed for ABC,⁵ has allowed the fine tuning of a digital model for a building, as a structured whole of data concerning environmental units and spatial elements in an itemized list, called Space, and technical elements and constituent materials, in another itemized list, named Elements⁶ (Arcese et al., 2013). Thanks to a data base, containing both water incorporated within technical elements – employed for completing the various materials – and that due to the fabric’s use, the value can be indexed according to both building surface and inhabitants’ number. The method has been tested upon three different fabrics selected by ABC as representative of the various use profiles of water (Tab. 3)⁷.

From the calculation worksheets to the BIM interface

Within the assessment for ABC the worksheets estimate technical quality by summing up technical elements’ extensive characteristic (water incorporated within production, fabrication and management processes), spatial elements (water consumed for cleaning and spaces’ management) and environmental units (water to run functions). The software takes from database, here contained, consumption values for each voice and sum them up⁸. VAdE Index in the end returns the environmental quality assessment so evaluating the satisfaction of environmental units’ needs (Arcese et al., 2013): technological quality does not correspond to total technical qualities, but represents the quality of the whole system of technical elements, interacting among them by means of spaces, functions and techniques.

An innovative method of implementation, calculation and assessment has then been added to VAdE which, utilizing algorithms of technical standards and focusing on Class of Liveability, can verify the expected Level of Comfort (LaB). This method would be developed as a software, completed with calculation worksheets, which needs data about construction (spatial elements, environmental units, technical elements) and its surroundings. The internal routines extrapolate technical qualities and then evaluate the level of users’ satisfaction in environmental units, thus project requirements. The analytical procedure is made up so as to return environmental quality fluctuation – as

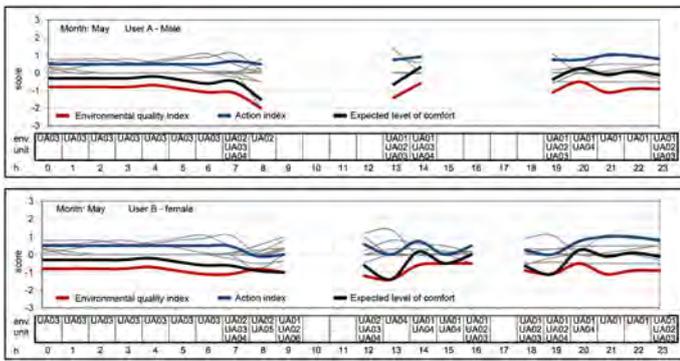
4 Francese, D., Buoninconti, L. (2018). Sustainable Design and Software Tools by Multimatrix Criteria and Intelligent Control. In the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control (ISCSIC 18). Association for Computing Machinery, USA.

5 ABC – Acqua Bene Comune (Water Common Good, Naples Municipality Special Company) with which Cittam subscribed a research contract.

6 Buoninconti, L. (2016). Benessere e Architettura. Un approccio integrale al comfort. Edizioni Accademiche Italiane, Berlino.

7 Buoninconti, L., Filagrossi Ambrosino, C. (2015), Water saving assessment in residential buildings. In Sustainable Mediterranean Construction Magazine, n.2, Luciano Editore, Napoli.

8 Buoninconti, L., Filagrossi Ambrosino, C. (2015), *ibidem*.

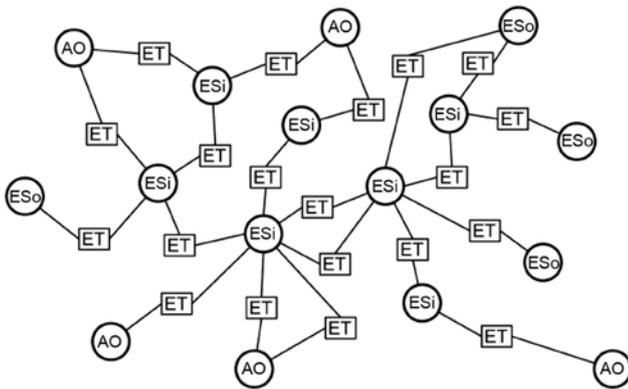


Diagr. 1

far as the users are concerned – for each yearly month and at a given hour (Diagr. 1)⁹.

The process of implementation is strongly facilitated, for the construction – object of assessment – and the surrounding milieu are modeled, without requiring any specific expertise: the program quantifies by itself the values to be inserted within the Indicators, and then runs the assessment.

Last problem to face is that of simplifying the modeling process for the building, which is strongly limited due to the employed information tool (worksheet), unusual and unsuitable to designing architectural elements. Nevertheless, provided that also CAD tools can memorize information within a data base, a study has been carried out so as to transfer the data directly from CAD to worksheet. Another part of the method has then been developed and processed which allows to create a model of a fabric structured as Building System (Arcese et al., 2013); this model can make spatial elements, environmental units and technical elements interfacing each others' by means of a network system (Diagr.2).



Diagr. 2

The construction's spatial elements (defined ES_i), those belonging to neighboring constructions (ES_o) and external spaces (AO) are connected each others' by means of Technical Elements (ET), belonging at their turn to the Technological Units Class identified as Closures and Internal Partitions.

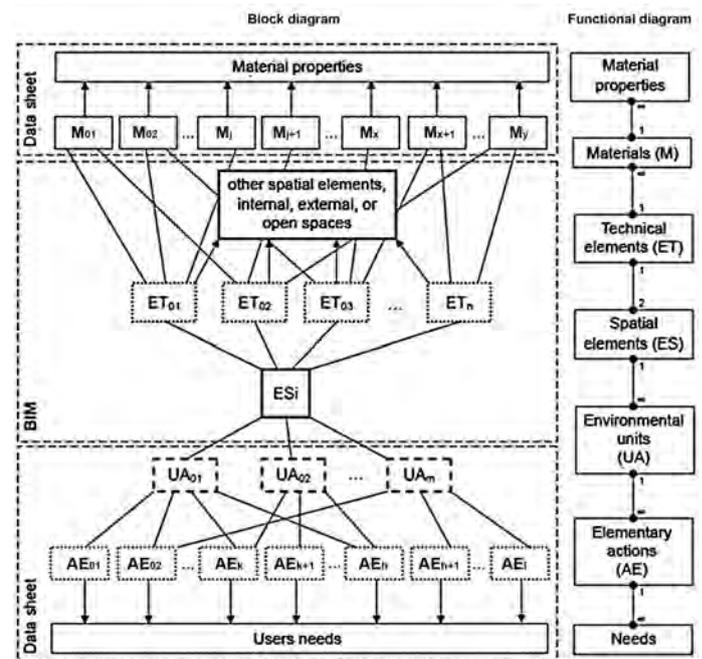
So as to introduce, now, BIM philosophy, the ISO definition can be reminded: «[...] use of shared digital representation of a built object (including buildings, bridges, roads, process plants, etc.) to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions»¹⁰.

Another basic knowledge is that of sectors adopting BIM: «[...] the ability to generate construction information directly from design information is one aspect of digital architecture. Architectural design information is slowly becoming building

information particularly with the emergence of Virtual Building solutions, and Building Information Modeling (BIM). In fact, BIM implementation could streamline the design and construction processes, and eventually may lead to the re-establishment of the architect as the master builder» (Hadjri and Al-Qawasmi, 2007)

Following increasing use of BIM systems as a design aid, also VAdE method has been modified, so as to be able to dialogue with the BIM platform itself (Eastman et al., 2011). In fact BIM software not only allows to model construction with a network logic, but also permits to indicate for each element its use destination, and thus to establish the environmental units there contained (Kensek and Noble, 2014). Employing a program with a model interface, as it occurs with BIM, is useful for operating within a suitable information ambient, where it is possible to check the correctness of included information, since directly visible on computer monitor.

Interchange between assessment method by means of a calculation worksheet and BIM is ensured by some routines, available within this program. As far as some of the most well known and diffused platforms are concerned, some Nodes are mainly employed such as Data.ExportExcel and Data.ImportExcel which allow data extraction and flow between Autodesk Revit and Microsoft Excel, by means of Dynamo as programming language.



Diagr. 3

A first study has been carried out by employing the Indicator LaB, which is less complex than the final VAdE Index: therefore a suitable procedure has been developed (Diagr. 3)¹¹. The corresponding calculation worksheet includes database of environmental units and consequently of single elementary actions, (from which to go back to users' requirements), of products used for completing the technical elements, and the consequent materials and their technical performances. Within a first stage, environmental units are imported from the aforesaid calculation worksheet towards BIM under the shape of use destination of the environments. The process will then be carried on according to various steps: within the BIM ambient the construction mod-

9 Buoinconti L. (2016). *ibidem*.

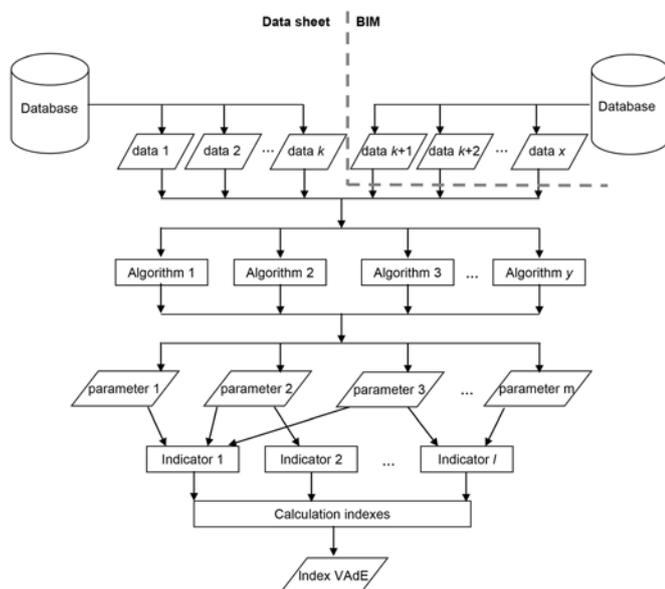
10 www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:29481:1:ed2v1:eh

11 See: Buoinconti L., Vaccaro G. (2019), *Prestazioni ambientali, materiali e piattaforma BIM: la gestione del progetto nell'ottica di un'identità bioregionalista*. In BIM VIEWS. Esperienze e scenari, D'Agostino P., Papa L. (eds.), Cooperativa Universitaria Atena.

eling are processed, by defining technical elements and spatial elements.

The information about the actual building system which are registered within the Model can then be transferred to the calculation worksheet, which receives the data from the network between spatial and technical elements, as well as from the typology and quantity of the employed materials. Following the latest implementation, database is completed and assessment stage can be carried out: so the results are given and procedure is concluded.

The system is meant to be enlarged to the whole VADE method: by leaving the Kernel within the calculation worksheet (flow chart in Diagr. 4)¹², BIM system can be located upstream the process, so contributing to defining part of the data needed by algorithms employed for calculating the Indicators, and so the indexes evaluating the whole construction's environmental quality.



Diagr. 4

Conclusion and future development of the research

The described procedure, part of a multi-scaled research carried out by a Cittam team, is now developing other on-going stages aiming at verifying the chance of mapping, within BIM software – by means of various image parameter, such as colors – the Indexes, come out from the Assessment procedure. This future study is aimed at allowing a better comprehension of obtained results, which at the present stage are only to be read as numerical values, so more difficult to transfer into an architectural language.

As far as the innovation included in this method is concerned, two main aspects can be outlined: the first is the fact that, once adopted, the evaluation model, besides being useful as a digital tool and thus employed and accessible to a great number of users, it can also simulate more actions and activities which are carried out – in a synergic way – between the user and the built environment. The second aspect regards the application as well as the exploitation of the BIM model, which could allow a rapid and extensive implementation of the technical elements; the latest could provide an easy access and comprehension of the Architecture under study, and of eventual environmental ex-

pressions.

In fact the need of making environmentally oriented choices can no longer be procrastinated: from here the urgency of employing evaluation systems for assessing impacts on eco-systems and anthropic-systems of any design action and land transformation: these methods should be as much as possible holistic, efficient and quickly employed.

The idea of implementing VADE with other digital data and processes, such as BIM platform, which can provide an information model of a building, offers the chance of digitally processing architecture, by linking to each built element and each space, exactly the information needed for the VADE Matrix.

It is indeed known that «[...] the evaluation of the built environment has also relied on digital tools for control and diagnostics of building components or systems, such as post-occupancy evaluations and building performance modeling, which are effectively tested and validated using computer models» (Hadjri and Al-Qawasmi, 2007).

In conclusion, by employing digital tools and by interfacing many of different digital applications of the various methods, more socially as well as sustainable responsible projects would be eventually achieved: (Kolarevic, 2003) mainly given the fact that man is now co-inhabiting with technology (Corazza, 2017), and his creativity should take into account the information tools, for they actually strongly change also our «[...] relationships to ourselves (who we are), the interaction with others (how we socialize), our conception and interaction to the real world»¹³.

References

- Arcese, G., Lucchetti M. C., and Merli R. (2013), "Social Life Cycle Assessment as a Management Tool: Methodology for Application in Tourism", *Sustainability*, vol.5, pp. 3275-3287.
- Corazza, G. E. (2017), "Organic creativity for well-being in the post-information society", *Europe's Journal of Psychology*, vol. 13, p. 4.
- Drejerisr. K. (2004), "Multi-criteria evaluation of building sustainability behavior", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 11, p. 59.
- Eastman, C., Teicholz P., Sacks, R. and Liston, K. (2011), *BIM handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manager, Designers, Engineers and Contractor*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Hadjri, K., and Al-Qawasmi, J. (2007), "Architecture in the digital age. The effect of digital media on the design, production and evaluation of the built environment", *Open House International*, vol 32, p. 2.
- Kawazuy, S. and Yokoon, O. (2005), "Comparison of the assessment results of BREEAM, LEED, BTOOL and CASBEE", *Semantic Scholar*, proceedings of the 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, October 4-5, 2005, Scholar, Tokyo, pp.116-134.
- Kensek, K. and Noble, D. (2014), *Building information modeling: BIM in current and future practice*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Kolarevic, B. (2003), *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, Taylor and Francis, UK.
- Mecca, S. (1991), *Il progetto edilizio esecutivo*, Carrocci, Roma, IT.
- UNI - Ente Italiano di Normazione (1999), *UNI 10838:1999. Italian Standard with Terminology referred to users, performances, building process and building quality*.

12 Francese D., Buoninconti L. (2018). *Cit.*

13 Floridi, L. (2015). *The onlife manifesto*. Springer-Verlag GmbH. p.7

Tab. 1 - Structure of the Multicriteria Matrix of VAdE (W = Weight).

Tab. 2 - Example of a calculation worksheet of VAdE.

Tab. 3 - Recapitulatory frame of water consumption in a lodgment taken as case study in the Municipality of Naples.

Diagr. 1 - Oscillation of the Expected level of Comfort (LaB) for a case study, in the month of January.

Diagr. 2 - The network made up with Spatial and Technical Elements.

Diagr. 3 - Implementation Architecture between calculation worksheets and BIM.

Diagr. 4 - Flow Chart for the calculation of the VAdE Index.

DESIGNING WHIT PLANTS

CONNECTING NATURE, HUMANS AND THEIR BUILDINGS

Lavinia Herzog¹

Abstract

This paper explores the connection of human beings with natural elements, focussing on the effect plants located on facades have on the inside of the building. In times in which the inhabitants of big cities – for whatever reason – need to stay indoors more often, the importance of the individuals' well-being by creating a health-improving connection to human surroundings becomes ever more critical. A green façade provides many opportunities to help with that, but several aspects regarding the visual impact need to be further researched.

Keywords: Green facades, Visual impact, Human well-being, Biophilia, Health

¹ PDTA - Department Planning, Design, and Technology of Architecture, Sapienza University of Rome, Lavinia.Herzog@uniroma1.it

Introduction

In order to face problems like climate change, energy efficiency, as well as air, water, and noise pollution, many big cities around the world are striving to become more “green” in recent years. This development resulted in a renaissance of the topic of greenery in cities worldwide (ARUP, 2016). While these days the use of plants close to the building envelope is mostly intended to enhance conditions regarding the building climate (Herzog, T. et al. 2016), its further effects on the inside of the building and human wellbeing bring up important questions regarding the architectural design.

The implementation of vegetation on facades in the urban layout is vital for several reasons. And while being one of the essential elements in any natural ecosystem, the use of real plants as a part of the building envelope is not a given for architects. Although among experts there is a lot of knowledge about their needs, behaviour and use, in architecture they are often viewed as “unpredictable” and therefore not always used with conscious understanding of the significance of their implementation on the interior of a building. To add the necessary knowledge to the professional “toolbox” is intrinsic to an eco-systemic approach to a building's design.

The image of nature has always been an essential aesthetic design element in human housing. While humans' affinity to plants seems evident, or even a basic need that has the potential to influence on a wide range physical as well as psychological well-being as recent research seems to indicate (e.g. Miyazaki, 2018; Kuo, 2015), it still is not a common sight in cities worldwide. This dilemma of human “biophilia” and its needed engagement by architects creates a contrast that has the potential for new tasks and challenges in building design.

The connection between biophilia, green and health

The term biophilia was first coined by the German psychologist Erich Fromm in his book “The Anatomy of Human Destructiveness” (1972), who used it to describe an intrinsic interest and love for all things alive, their connection and thriving. The term

was re-introduced in 1984 by the American biologist Edward O. Wilson who further defined it as “the innate tendency to focus on life and lifelike processes”. In recent years the concept has become of more interest in research and publications. The world's rising population and the different direct and indirect problems that derive from it ask for a change in established concepts of human living conditions on this planet. Implementing the principle of green facades into urban surroundings, many aspects need to be looked at more closely in order to plan and construct buildings efficiently and sustainable.

A lot of scientific evidence for the many benefits of Nature on human well-being has been provided in the last decades (Kuo, 2015). It can counteract today's increasing “technostress”¹ as well as enhance psychological and physiological well-being, and that way improves various versions of illnesses itself. Technology-induced new addictions and clinical pictures are becoming ever more common. The “nature deficit syndrome”, so coined by the journalist Richard Louv in 2005, is an effect that has been observed especially in children in the last decades. It occurs with higher frequency in the ever-growing megacities, where an understanding via connection by direct experience is hardly ever possible.

While the actual immersion into nature has been proven to have beneficial effects to physical health in many ways – like improvement of heart rates, blood pressure, obesity and hormonal balance (Miyazaki, 2018) – the psychological effects seem to be even more distinct.

An essential reason for man's longing for vegetation may be the colour Green itself. Green polarizes. Hardly any other colour is so contrary in its perception, and the meaning of the colour differs considerably depending on the origin of the person questioned. Green is associated with terms like naturalness, liveliness, spring, youth, hope, health and freshness as well as with sour, bitter, poisonous and inedible. «The change of green in daylight and artificial light is also greater than that of other colours» (Heller, 1989, p.71). The intensity and bandwidth of the colour palette are hereby far greater than that of other colours. Not only the colour green itself is a potential factor for the human well-being (it is therefore often being used in psychiatric

¹ Definition of “technostress”: any mental stress caused by (too much) interaction with technology; <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/technostress>. The concept is based on the fact that nowadays the sympathetic nervous system is no longer only activated by physically dangerous situations as evolutionarily intended, but by emotionally challenging situations that are potentially provoked by technology such as traffic systems or digital accessibility. If the condition of permanent tension is not relieved by the compensatory parasympathetic nervous system, it can lead to serious diseases (Miyazaki).

wards in hospitals), but also geometrical forms like bio-fractals that can be found in nature seem to have that effect (Schulenburg, 2017).

Although the greatest effect regarding this topic in respect of health is achieved in a natural environment such as a forest, this involuntary reaction of a person can be provoked even by small elements like indoor plants or various scents with verifiable results (Miyazaki). Even artificial or nature-simulating objects can have that effect (Arvey, 2017). This might explain the widely spread use of nature in decoration as well as the studies this regarding conducted in the area of health care, that include the implementation of digital technologies².

One of the most critical points leading to this topic might be how people may perceive their environment differently. Factors like, age, upbringing, tradition, history and social values can change the reaction to most arguments. Cross-referencing this with different climate zones, geographical properties or fauna, creates a complex web of variables to survey. While the fact remains that nature is something most humans don't have resistance to, residents of big cities also often are not used to it anymore. Therefore the question on how to re-integrate it without negating modern development and necessities seems legitimate.

Architecture for the senses

The visual sense might not be the oldest, but it is the most prominent of the human body³. When we see something beautiful, the combined activation of the visual cortex and the reward system results in the production of pleasure hormones. The fact that we close our eyes to better concentrate on hearing or tasting points to the immense amount of information that we continually perceive. While our consciousness processes the information that is provided by the body, the amount of input is far more than can be handled by the mind⁴. Therefore, a lot of the data is processed unconsciously, which happens much quicker than rational thought (Goleman, 1996).

In light of that, while most of the results mentioned above are based on the visual system, it seems logical that perception of the surroundings via the other four classical senses of the human being would elicit similar reactions on their wellbeing. The Japanese concept of “Shinrin-yoku”⁵ comprises being surrounded by a forest, seeing plants, green, the play of light and shadow, but also sensing the rays of the sun (which promotes the production of the “well-being hormone” serotonin), or hearing water running in a creek, in short – a full immersion of all senses to enhance a person's wellbeing.

The benefits of a “green view” when looking out the window has been researched for decades, showing not only improvement in health but in well-being overall⁶. How much of this effect can be virtually reproduced, and more importantly how much and why it would be actually desirable to do so, is a question that still calls for discussion.

Green facades

When it is understood that natural elements in human surroundings are beneficial for many reasons, water and plants seem to be the easiest to implement. The next step is to ask what kind of greenery can be applied in our cities, possibly even adapting it to an existing urban and building structure. While trees might have physical benefits and structural options that other kinds of plants do not offer, the positive effects of green roofs and facades on the city climate and most importantly on the building itself is well known (e.g. ARUP, 2016). Many modern buildings around the world showcase these wall-bound type facades that might positively influence the building but cannot be seen from the inside and therefore do not represent any potentially visual positive effect for the inhabitants. If the greenery is an additional layer in front of the building instead, possibly even covering openings in its façade, it has a supplementary visual effect. Provided the growing species of the green layer is deciduous, it allows the energetically-wanted solar impact in winter while providing shade in summer⁷. Several aspects regarding construction and planning are to be considered in case of an implementation of this kind of green facade, including the appropriate choice of plants and a suitable substructure on the building. The combination of choices here can change the outcome of the growing of the plants dramatically, especially when using climbing plants. Depending on the variety of plant, its phenotypical growth and the maintenance schedule, very different effects can be achieved. In order to have the desired result, knowledge from very different areas is necessary, which makes out a case for collaborations of experts in building projects. Even though the impact on the built environment has been shown extensively, it is not yet easily quantifiable and therefore so far not very common in building regulations. And while there are various digital possibilities to calculate and simulate effects of greenery in front of facades on buildings regarding physics and lighting⁸, so far the actual visual outcome is little researched.

Experimental study

An aspect that has not yet been analysed sufficiently is the visual impact of greenery in front of facades might have on the building inside. If these plants are positioned in a way that they are – be it directly or indirectly – perceivable from the inside, the correlation with the before mentioned topics of wellbeing and health become evident. The perception could occur in numerous ways and depends on many factors like, i.e. the intensity and angles of (sun)light, presence of wind, on the choice of plants and the materials and angles used on the facade, the openings and the interior. Depending on the same factors it could also integrate several of the human senses, which in turn, enhances the awareness of one's surroundings and is beneficial to attention restoration⁹, which also can lead to an improvement in psycho-

2 i.e. at the Charité hospital in Berlin: <https://www.welt.de/gesundheit/article121224902/So-koennte-die-Intensivstation-der-Zukunft-aussehen.html>

3 This is related to the development history and the process flow of the human brain. As explained e.g. in Goleman, 1996.

4 Recent research shows that the data perceived in the human experience via the self-conscious cognition, can be calculated being about 16 bit/second, while the overall bodily perception, including the nervous system, the unconscious and the sensual experiences amount about 4 000 000 bits/second (Grüntuch-Ernst, 2018).

5 English: “forest bathing”.

6 e.g. Roger Ulrich's study in 1984 on the influence of the view regarding patient showed or Rachel Kaplan's study on the psychological benefits of having a home view of nature compared with views of built elements (Kaplan, 2001).

7 This relates to a temperate climate zone, where the experimental studies described in the next paragraph take place

8 e.g.: Chokhachian, A., and Hiller, M. (2020, May 25). PANDO: Parametric Tool for Simulating Soil-Plant Atmosphere of Tree Canopies in Grasshopper. or: Peronato, G., Rey, E., and Andersen, M. (2016, October 20). 3D-modeling of vegetation from LiDAR point clouds and assessment of its impact on façade solar irradiation. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W2-67-2016>.

9 Attention restoration theory argues that to prevent mental fatigue, the recovery of the finite resource attention is necessary, discerning between directed and effortless attention (Kaplan 2001).

logical health (Kaplan, 2001).

The site studies that take place within the context of the authors' ongoing PhD thesis want to establish the basic principles for this kind of research. The experimental knowledge is gained by the examination of 6 different species of climbing plants. The plants have been chosen for a difference in their phenotype in their overall form, mode of climbing, pattern and intensity of their growth, visual aspects of foliage as well as whether being able to use the grid substructure they are provided with. The analysis contains the effects of colour variation, shadow as well as visuals of direct and indirect light during the year. Understanding the difficulties and possibilities this kind of effects of green facades present on the inside helps to improve design choices in building design.

Conclusion

The application of the knowledge mentioned above can lead to many new aspects of building design. A conscious application is significant to a more energy-efficient and climate improving building scape, but also has the potential to change society itself. As architects form the long-living environment of a city, they have the responsibility for educating future generations. Effects from a closer relation to nature can range from changing habits, respecting and understanding nature to an enhanced living quality and therefore create an improvement of the ecological as well as the sociological situation in big cities. In this space full of technology and digitalisation, a balance between human technology and nature as well as human nature and technology needs to be found. A persons' view from the inside of a building has, the potential to influence all the mentioned above and needs to be considered with care.

References

- Arvay, C. G. (2017), *Der Biophilia-Effekt: Heilung aus dem Wald*, Lizenzausgabe im Ullstein Taschenbuch, Berlin, DE.
- Arup (2016), "Cities alive: Green building envelope", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>.
- Goleman, D. (1996), *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ*, Bloomsbury, London, UK.
- Grüntuch-Ernst, A. (2018), *Hortitecture: The power of architecture and plants*, Jovis, Berlin, DE.
- Heller, E. (1999), *Wie Farben wirken: Farbpsychologie, Farbsymbolik, kreative Farbgestaltung*, Reinbek bei Hamburg, Rowohlt, UK.
- Herzog, T., Krippner, R., and Lang, W. (2016), *Fassaden Atlas: Grundlagen, Konzepte, Realisierungen*, Institut f. intern. Architektur-Dok, München, D.
- Miyazaki, Y. (2018), *Shinrin-yoku: La teoria giapponese del bagno nella foresta per ritrovare il proprio equilibrio*, Gribaudo, Milano, IT.
- Schulenburg, S. (2017), *Lo specchio della città: Architettura, ambiente e psicologia*, Il prato, Padova, IT.
- Kaplan, R. (2001), "The Nature of the View from Home: Psychological Benefits", *Environment and Behavior*, vol. 33, pp. 507-542.
- Kuo, M. (2015), "How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway", *Frontiers in Psychology*, vol.6, pp. 19-93.

APPROCCIO ECO-SISTEMICO E INNOVAZIONE DELLE TECNOLOGIE DIGITALI PER IL PROGETTO

Valeria Cecafosso¹

Abstract

L'Occidente è alle prese con problematiche ambientali, sociali, economiche di portata epocale. La Terra è in pericolo e i cambiamenti climatici ne sono un'espressione. Come si può affrontare questa complessa situazione? L'imperativo è salvaguardare l'ambiente. È lo spirito con cui si è mossa la Tecnologia dell'Architettura a partire dalle felici intuizioni di Maldonado, Gangemi, Vittoria, Dierna e tanti altri maestri della disciplina. Lo strumento principe per incidere rimane il progetto, dotato oggi del supporto delle tecnologie digitali. Il paper ne analizza il ruolo.

Keywords: Progettazione ambientale, Tecnologia digitale, Modellazione-simulazione, Progettazione parametrica, Realtà aumentata, BIM.

¹ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, valeria.cecafosso@uniroma1.it

Cultura tecnologica del progetto

L'opzione ambientale ha contraddistinto la cultura tecnologica del progetto. Tecnologia e Ambiente, quasi un ossimoro per una "vecchia" visione che riteneva la tecnologia responsabile della distruzione del paesaggio e dello scollamento della costruzione dal luogo, contro quella di coloro che, all'opposto, hanno sempre affermato che la tecnologia possa avere una soluzione a qualsiasi problema. Per secoli si è vissuta la contrapposizione tra un'idea positiva del progresso, prima tecnico e scientifico e poi economico e sociale, e una concezione della tecnologia che può ritorcersi contro l'uomo provocando effetti indesiderati, o comunque risultati diversi da quelli attesi e dagli obiettivi programmati. Habermas¹ mette in luce questo tema analizzando il rapporto modernità-modernizzazione segnalandone lo squilibrio.

Nell'evoluzione dell'architettura decisivo è l'apporto dato dalla tecnologia, ma, come avverte Galimberti, è difficile fornire una definizione univoca di tecnologia. Per Heidegger il rapporto tra tecnologia e ambiente può ritrovarsi nella misura in cui prevale l'idea di "custodire" rispetto all'idea di edificare, ristabilendo una stretta connessione fra il "costruire", nel senso di custodire, e l'"abitare". Un passaggio importante nella definizione del rapporto tra ambiente e tecnologia si registra con l'emergere della gravità e urgenza delle problematiche ambientali laddove tecnologia, afferma Dierna, diventa importante supporto strategico e cognitivo di una trasformazione capace di fornire risposte a tali ambiti problematici. La "tecnologia appropriata", evidenzia Gangemi, deve rispondere alle esigenze costruttive ricercando i sistemi più idonei a tutelare il contesto ambientale e l'equilibrio fra l'uomo e l'ambiente.

Relazioni Natura-Artificio

Fra le sfide che il mondo ha di fronte, sappiamo che due rischiano di sconvolgere le condizioni di vita di buona parte degli abitanti del pianeta: l'energia e il clima. Si tratta di una sfida già largamente compromessa e forse a un punto di non ritorno. Lo sviluppo industriale e l'inarrestabile crescita della popolazione negli ultimi secoli hanno determinato un enorme aumento della

domanda di energia, in grandissima parte coperta da combustibili fossili, peraltro in esaurimento, con emissioni di gas serra che hanno portato al materializzarsi del più grande problema ambientale di sempre, quella complessa e intrecciata serie di fenomeni che chiamiamo, con una parola, *climate change*.

L'approccio alle costruzioni basato sulla sostenibilità ambientale, proprio della Progettazione Tecnologica Ambientale, ha una valenza ben più vasta della sola attitudine al risparmio energetico, ed è finalizzato alla definizione e alla gestione di un ambiente costruito responsabile, sano, adattabile, ciclico, durevole. Il "prodotto della trasformazione artificiale", alle varie scale, viene considerato nella totalità delle sue fasi realizzative, dalla sua costruzione, al suo utilizzo, alla gestione della sua vita "utile", al suo smaltimento, riciclo e riuso.

Alle problematiche ambientali si affiancano i connessi aspetti sociali ed economici prodotti da un sistema che produce disuguaglianze ed emarginazione. Atkinson², al riguardo, ha sostenuto che nelle scelte economiche non sono considerate le implicazioni distributive. Tutti i più importanti organismi internazionali, a cominciare da UN *Environment Programme* (UNEP), pongono l'accento sulla necessità inderogabile di tutelare l'ambiente nelle sue risorse fondamentali innescando processi di utilizzo circolari, contenendo il consumo del suolo, rigenerando il costruito, valorizzando le infrastrutture verdi e i servizi ecosistemici.

L'ambiente non è un'entità indefinita, come sottolinea Maldonado, ma piuttosto sistemica, convenzionalmente organizzata in sottosistemi (biosfera, geosfera, sociosfera e tecnosfera) la cui caratteristica principale è la costante compresenza di fattori o processi appartenenti a tutti e quattro i suddetti sottosistemi. Le azioni rilevanti non sono soltanto quelle dell'ambiente sul sistema, ma anche quelle del sistema sull'ambiente. Sono pertanto oggetto unitario di studio sia il sistema, sia l'ambiente, sia le relazioni che intercorrono tra di loro. Inoltre le differenze fra sistema e ambiente non vengono stabilite una volta per tutte, ma di volta in volta, e una stessa parte può essere, a seconda dei casi, "sistema" e "ambiente".

Per affrontare la tematica ambientale sul piano progettuale i meccanismi di interazione tra sistema e ambiente sono di primaria importanza e parimenti fondamentale è la comprensione delle modalità seguite dal sistema per raggiungere stabilità ed equi-

¹ Habermas e Heidegger sono fra i maggiori filosofi contemporanei che si sono occupati dei temi relativi alla modernità e alla tecnologia.

² Atkinson A.B. ha indicato le politiche per una diversa distribuzione del reddito verso una minore disuguaglianza in *Inequality – what can be done?* (2015).

librio e la possibilità di mantenerli anche nelle fasi evolutive.

La scienza contemporanea è pervenuta alla consapevolezza che non tutto è controllabile e ha così messo in gioco anche il caso, il caos, il rumore, gli aspetti apparentemente ingovernabili dei fenomeni. Nel campo ambientale ciò presuppone un'incidenza sempre crescente dei fattori antropogenici sugli aspetti statici e dinamici delle altre componenti del sistema ambientale e sul sistema nella sua interezza.

Häußermann e Siebel hanno fatto rilevare, inoltre, che nei sistemi ambientali sono presenti e agiscono simultaneamente fattori non solo diversi ma anche conflittuali, e questo rende ancora più difficile stabilire cosa debba intendersi per stabilità, equilibrio, perturbazione, stress, disastro, catastrofe e come possano esser messi a punto i relativi modelli euristici ed operativi.

Materialità e immaterialità

Nell'ambito della tecnologia un'attenzione particolare merita la ricerca su sistemi, componenti e materiali, non solo dal punto di vista della eco-compatibilità e della sostenibilità ambientale. La ricerca sperimentale si concentra e impegna sugli infiniti fronti tesi a studiare l'avanzamento delle prestazioni di prodotti e sistemi materico-componentistici con una costante, parallela attenzione alla loro efficacia ecologica. Per citare a titolo puramente esemplificativo, si sperimentano materiali in grado di accumulare il calore latente in funzione del miglioramento del comportamento bioclimatico e del risparmio energetico, di inibire o rallentare il processo di deposizione e accumulo delle polveri organiche, di auto-decontaminarsi e di impedire la formazione di colonie batteriche, utili in particolare in campo igienico e sanitario, ecc.

Accanto ai materiali tradizionali e a quelli nuovi nel panorama dell'architettura si presentano prepotentemente nuovi "mattoni", sono i dati e le informazioni utili per capire e trasferire le conoscenze nel progetto (Schmitt, 2015). Edifici e città sono espressioni fisiche, ma rappresentano anche degli *hub* per la raccolta, lo stoccaggio e la trasformazione dei dati in informazione e conoscenza; *Internet of Things* attraverso sensori inseriti in sistemi avanzati consente di accumulare dati per il controllo della temperatura, dell'umidità, dell'illuminazione, della qualità dell'aria e nel campo della sicurezza; l'uomo stesso, con i propri *device*, diventa utente e produttore del cosiddetto fenomeno del *data explosion*.

La gestione integrata di queste informazioni apre la porta a nuove applicazioni che richiedono capacità di astrazione e di qualificazione per dare struttura e senso ai dati stessi, quali parametri in grado di mettere in relazione i diversi componenti per incorporare nella progettazione variabili fino a ieri difficilmente misurabili. Edifici e città sono sistemi complessi fatti di un'enorme quantità di elementi interconnessi, il cui comportamento d'insieme è estremamente difficile da decifrare guardando ai singoli elementi; e dobbiamo essere consapevoli che in tali sistemi esistono forze, flussi, interazioni difficilmente studiabili e conoscibili con "semplici" approcci fondati sull'analisi, anche se approfondita, delle singole parti: questa, se vogliamo, è l'essenza della complessità, e per affrontarla progettualmente, con un metodo consapevole, occorrono una visione e un approccio sistemici (Tucci, 2013).

La Tecnologia dell'Architettura è stata antesignana di un approccio sistemico combinato ad una profonda e consapevole tutela dell'ambiente; ora è necessario proseguire il percorso intrapreso con un continuo affinamento delle relative metodologie e tecniche, avvalendosi delle tecnologie digitali – intese nel loro senso più ampio – che possono supportare il potenziamento, la

valorizzazione e l' "esplosione" delle capacità della progettazione e della sperimentazione contemporanee.

Come cambia in progetto

La complessità del sistema ambientale non sempre consente di quantificare ed esplicitare relazioni fra le variabili dei fenomeni analizzati; pertanto un supporto per la ricerca di soluzioni appropriate può avvenire attraverso la modellizzazione della realtà fisica.

La ricerca e l'esperienza accumulata negli ultimi anni in materia di efficienza energetica e di qualità ambientale ha consentito di mettere a punto un ampio quadro di modalità e strumenti di calcolo-simulazione-modellazione che rappresentano un sostegno decisivo per la progettazione. La modellistica per il supporto alla progettazione è una realtà di oggi. Infatti, le soluzioni di tipo numerico stanno diventando largamente prevalenti rispetto a quelle tradizionali ottenute per via sperimentale.

Per ottimizzare le prestazioni dell'ambiente costruito si può ricorrere a processi simulativi che consentono di testare e/o integrare più tecnologie, valutando soluzioni alternative al fine di scegliere quelle più adeguate in relazione al contesto ambientale. I più recenti sviluppi dei processi di *simulation and modelling* si stanno rivelando strategici per risolvere problemi concreti per migliorare prestazioni e comfort. La simulazione è quindi necessaria per rendere visibile l'invisibile, spostando la modellizzazione dall'oggetto architettonico alla pre-ottimizzazione di modelli di comportamento e d'uso dando vita a una realtà che riproduce e imita quella reale e, allo stesso tempo, la rende evanescente, immateriale, artificiale (Del Nord, 2016).

Per la valutazione della sostenibilità ambientale del territorio, delle città e degli edifici un ruolo fondamentale è svolto dalla tecnologia digitale che, tra l'altro, consente la costruzione di superfici attraverso *software* parametrici, dove il punto di avvio non è l'idea della forma dell'edificio, ma la progettazione di un processo partendo dai parametri desiderati e dai vincoli di contesto, con un algoritmo che genera la forma. Le prime applicazioni di progettazione parametrica sono servite ad allontanarsi dal classico reticolo grigliato per ottenere forme geometriche complesse, accattivanti e con una forte carica innovativa, espressione del dinamismo dell'era digitale. L'evoluzione della progettazione parametrica è mirata a ottenere nuove configurazioni formali in risposta a requisiti strutturali, ambientali o programmatici. Ciò costituisce una opportunità per enfatizzare gli aspetti prestazionali. L'acquisizione delle problematiche ambientali, ha affermato Salvatore Dierna, restituisce centralità al progetto legittimando il ruolo dell'architettura quale "mediatore" tra società e ambiente, aprendo nuove prospettive e nuovi linguaggi. Non è una sorpresa, dice Thomas Herzog, che nuovi contenuti conducano a nuove forme. L'innovazione dei caratteri tipologici e delle tecnologie costruttive non è che un mezzo duttile e sensibile che deve saper interpretare la natura dei luoghi e la cultura dell'abitare.

La dinamicità della forma non muta la fisicità e la staticità dell'edificio, ma la dimensione "virtuale" che ricopre lo spazio fisico e che è ricca di dati. Non sembra più sufficiente che l'organismo edilizio accolga i propri utilizzatori puntando sul loro comfort, ma è necessario che entri in relazione con loro avvalendosi della cibernetica. Tradotta in architettura, la cibernetica significa edifici che funzionano come entità di apprendimento adattivo che vivono in una sorta di dialogo con i loro abitanti. Il calcolo non verrà utilizzato solo per definire forme complesse in base a parametri, ma diventerà anche parte integrante dell'edificio, interagendo con gli utenti secondo un programma (Ratti,

Claudel, 2017).

La tecnologia digitale registra quotidianamente nuovi progressi in tutti i campi, in particolare nel sanitario e nella mobilità, ma molte innovazioni possono trovare applicazione anche nell'architettura. L'*Internet of Bodies*, che collega *Internet of Things* al corpo umano attraverso dispositivi che consentono lo scambio di dati con la possibilità di controllo remoto, rende concreta l'interazione tra l'uomo e l'ambiente costruito. L'innovazione tecnologica cambia la definizione dello spazio alle diverse scale, il virtuale entra nel progetto e l'architetto non potrà limitarsi alla cura dello spazio fisico ma dovrà progettare anche l'ambiente virtuale e la loro connessione.

Tale tecnologia pone l'uomo al centro dell'attenzione: e la questione che sta avanzando in questi anni è: essa *serve* l'uomo o *si serve* dell'uomo? Il carattere duale insito nella tecnologia vale anche per quella digitale per cui queste espressioni possono essere entrambe vere. In fondo ciò che conta nelle invenzioni è ciò che si può fare con esse (Vittoria, 2008).

Nuovi orizzonti per la progettazione si sono aperti: capitoli di tali orizzonti, indagati da anni ma ancora tutti da esplorare nelle loro potenzialità, sono rappresentati dal BIM, ormai importante ausilio per la programmazione dei processi del progetto, della realizzazione e della gestione della costruzione, attraverso il quale tutti i dati rilevanti di una costruzione possono essere raccolti, combinati e collegati digitalmente; o dalla realtà aumentata, in cui appositi *software* danno nuova leggibilità al progetto rendendo possibile la valutazione tangibile degli spazi dell'edificio, e consentendo di sovrapporre informazioni e di individuare in maniera più rapida le operazioni da compiere. Tale tecnologia rende attuabile l'idea, fino a poco tempo fa impensabile, di immergersi e di passeggiare all'interno di uno spazio architettonico virtuale, nonché di creare dati di supporto alla sua stessa evoluzione di sistema.

Conclusioni

Il progetto guida il processo di trasformazione per rispondere alle esigenze che ne motivano l'esistenza, rendendole compatibili secondo una logica di gestione ottimale delle risorse e degli ecosistemi nell'ambito di un complesso quadro relazionale, sociale e valoriale. I modelli di supporto alle valutazioni evidenziano sinergie, conflitti e necessari compromessi che caratterizzano il momento decisionale e sviluppano resilienza in base alla flessibilità e adattabilità alle condizioni di contesto.

È fin troppo evidente che la tecnologia digitale ha aperto nuovi schemi e nuove possibilità mai avuti in passato, sta rimettendo in gioco strutture consolidate e rimodulando i rapporti tra i diversi attori; naturalmente all'architetto non può venire meno la necessaria capacità critica in quanto non possono escludersi processi innovativi regressivi, né è accettabile una sorta di determinismo digitale. La figura dell'architetto rimane il perno su cui il meccanismo progettuale gira, un ruolo indelegabile, aperto ad accogliere istanze migliorative del progetto assumendosi in ogni caso la complessiva responsabilità dello stesso.

Una riflessione sull'essenza del progetto innesca un dibattito che ha un rilevante impatto sistemico nel settore, ponendo al centro la figura dell'architetto nella sua dimensione oggettiva, e rappresenta l'occasione per fare il punto sullo stato dell'arte delle conoscenze scientifiche, svolgendo al contempo un'importante azione di stimolo alla produzione di soluzioni innovative. Sul piano operativo il riverbero dello scambio di conoscenze, in particolare per quanto riguarda la tecnologia digitale, potrà forse colmare una delle maggiori lacune del modo di sviluppare conoscenza del recente passato: processi di evoluta e spinta

condivisione, con un vantaggio competitivo per gli architetti, e a beneficio di tutti.

References

- Del Nord, R. (2016), *Potenzialità dell'area tecnologica in tema di ricerca progettuale*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Dierna, S. (1995), *Innovazione tecnologica e cultura dell'ambiente*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Galimberti, U. (2000), *Psiche e tecne. L'uolo nell'età della tecnica*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Häußerermann, H. and Siebel, W. (2000), *Soziologie des Wohnens*, Weinheim Munchen, Munchen, D.
- Herzog, T., and Zhang, T. (2016), *Urban Environment Design 101*, Liaoning Science and Technology Publishing House CO, Beijing, C.
- Maldonado, T. (1993), *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Ratti, C., and Claudel, M. (2016), *The City of Tomorrow*, Yale University Press, New Haven, USA.
- Schmitt, G. (2015), "Civic Engagement and Big Data Informed Urban Design in Future Cities", *Review of Architecture and Building Science*, vol. 60, p. 1.
- Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie Sperimentazioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale*, Altralinea, Firenze, IT.
- Vittoria, E. (2008), *L'invenzione del Futuro: un'arte del costruire*, Alinea Editrice, Firenze, IT.

GREEN BUILDING CERTIFICATION SYSTEMS, INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY AND POST-OCCUPANCY EVALUATION METHODS: A CRITICAL REVIEW

Marco Giampaoletti¹, Maria Beatrice Andreucci²

Abstract

This paper presents a critical review and a comprehensive analysis of existing methods and tools for the post-occupancy evaluation (POE) of indoor environmental qualities in buildings, with specific reference to the criteria embedded in the credit requirements of the most popular green building certification schemes. POE procedures allow the quantitative and qualitative analysis of buildings' and occupants' performance in new and existing buildings (e.g. offices, schools, and universities, residential, commercial, hotels, libraries and mixed-use) based on the collection of objective and subjective data.

Keywords: Post Occupancy Evaluation, Indoor Environmental Quality, Building Monitoring, Building Certification, Occupant Comfort, Occupant Satisfaction.

¹ PDTA - Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Sapienza University of Rome, marco.giampaoletti@yahoo.it

² PDTA - Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Sapienza University of Rome, mbeatrice.andreucci@uniroma1.it

Introduction

In developed countries, the urban population spends more than 90% of its time indoors (Leech et al., 1997), this emphasising the importance of the conditions of well-being and the performance provided by buildings. The occupants of buildings characterised by more satisfactory comfort conditions are more efficient, with lower rates of absenteeism due to illness (Altomonte et al., 2019).

Current certifications schemes are generally voluntary systems whose diffusion is linked primarily to the energy benefits they entail, although they can also provide economic benefits. Certified buildings, in fact, have a higher commercial value compared to uncertified buildings. "Labels" have been developed especially for buildings with a business purpose (e.g., offices), although, more recently, they have also been applied to the residential sector. This is an important aspect considering that the largest share of energy use is linked to the residential sectors, and its insufficient adoption of proper environmental practices. Certifying a building can lead to better Indoor Environmental Quality (IEQ), although the link between green building certification and a more efficient and satisfactory workplace or residential space for its users has not yet been consistently demonstrated (Altomonte et al., 2019).

Towards these goals, rigorous Post Occupancy Evaluations (POE) methods and techniques can allow monitoring the conditions reported by building occupants. A POE allows to obtain feedback on building performance, which is essential in all sectors of the construction industry. In healthcare, education, commercial and residential buildings, poor performance negatively affect operating costs, occupants' comfort and well-being and corporate efficiency. The data obtained from POEs can be used to address problems highlighted by occupants or fine-tune the building's operation, towards an improvement of microclimatic conditions, and the perceptions of comfort and productivity.

POE campaigns can be based on two methodological approaches: 1) subjective or qualitative, including occupant surveys, focused interviews, questionnaires, etc.; and, 2) objective or quantitative physical methods, including collection

of energy and water data and in-situ measurements of indoor environmental parameters, such as temperature, light, air quality, and sound pressure.

POE procedures can be distinguished in three sub-types:

- transversal: usually online surveys aimed at capturing, in a cross-sectional way, the general perception that occupants have of the building (or workspace) they occupy;
- point-in-time: mostly paper-based surveys that are administered to occupants at specific points in time, simultaneously with the collection of environmental data;
- longitudinal: used to collect occupant feedback, and the continuing evolution of indoor environmental quality parameters, over a certain period of time.

Method

A broad literature review focusing on POE procedures, protocols and tools was conducted retrieving journal articles and other scientific documents from selected search engines (Science direct, Scopus, Google Scholar and Web of Science) and based on the use of 6 keywords: Post Occupancy Evaluation;

Indoor Environmental Quality; Building Monitoring; Building Certification; Occupant Comfort; Occupant Satisfaction.

Over 4,000 research items have been initially identified, and 54 papers have subsequently been selected and catalogued according to the three mentioned POE procedures: transversal, longitudinal and point-in-time. All papers have been organised in tables, by title, author, year of publication, keywords, type of building, POE evaluation criteria, and key results.

All selected papers were published in the period 2004-2019, with a higher frequency detected in the years 2017-2019, this demonstrating a recent increase in scientific interest (Fig. 1).

POE survey tools and feedback categories: compliance with environmental certification requirements

The study of the selected papers has allowed a systematic classification and definition of the main POE survey tools currently available, together with the identification of their

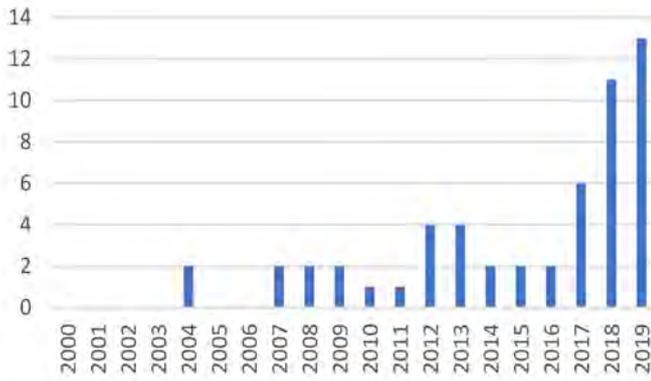


Fig. 1

methods, techniques, feedback categories, procedures (transversal, longitudinal, point-in-time), and compliance with different green building certification schemes such as LEED, BREEAM, NABERS, GREEN MARK and GREEN STAR. Information regarding the year of development, the minimum time of building occupation required for the survey, the characteristics of the POE methodology (e.g., if applicable for before/after comparisons), and the building type have also been included (Table 1, Appendix).

The main survey tools identified are listed below:

- CBE Occupant Indoor Environmental Quality Survey. A survey tool developed by the Center for the Built Environment at the University of California, Berkeley (USA). This tool is the most frequently used in the scientific papers focusing on Transversal POE surveys.
- BOSSA (Building Occupants Survey System Australia). An IEQ assessment system specifically developed for Australian office buildings. There are three types of BOSSA survey tools: BOSSA TIME-LAPSE; SNAP-SHOT BOSSA; and BOSSANOVA. The first implies a transversal procedure, while others are point-in-time surveys. The BOSSA tool frequently recurs in the papers describing the point-in-time method.
- BUS (Building Use Studies). A survey tool created about 30 years ago and acquired by ARUP in 2009. Since 2013, this Transversal survey tool is managed by the BUS Partner Network.
- SPEQ (Space Performance Evaluation Questionnaire). This is a Transversal survey tool developed by the High Performance Environments Lab (HiPE) at the University of Oregon (USA) that has been used in a variety of building types since 1998.
- Leesman Index. A tool that acquires employee feedback on the quality of the workplace and compares with a vast database that collects the experience of thousands of office workers. This longitudinal questionnaire is designed to be adopted also for the assessment of interventions within before/after studies.
- Occupant Comfort & Wellness Survey. This longitudinal tool has been developed by the Institute for the Built Environment (IBE) at Colorado State University (USA). The survey is primarily designed for offices, although future developments plan the integration of residential and multi-family projects.
- Comfort-meter. This transversal tool is compatible, among others, with the BREEAM, LEED and WELL certification systems. The building must have been occupied at least for 12 months, hence including at least a winter and a summer season.

- BeWellLeadWell. This is a transversal survey tool that is structured in 4 different programs: Be Well Lead Well Women; Be Well Lead Well Coaching; Executive Wellbeing Program; Be Well Lead Well Leadership Circles.
- OHFB Afriforte. This is a transversal scientific-based organizational diagnostics suite developed since 1998 at the Faculty of Economics and Management Sciences of the North-West University (South Africa).

The above mentioned survey tools are all pre-approved by the International WELL Building Institute (IWBI) and can be utilised to obtain prerequisite or optimisation points for the WELL v.2 certification, under the category "Community": C03 Occupant Survey (prerequisite); and C04 Enhanced Occupant (max. 4 points). These tools are also relevant for other type of certification protocols, such as LEED, NABERS and BREEAM.

Looking at different building typologies, data from the papers included in the literature review shows that the majority of POE campaigns are conducted in office buildings (48%), followed by residential (22%) and schools (13%) (Fig. 2).

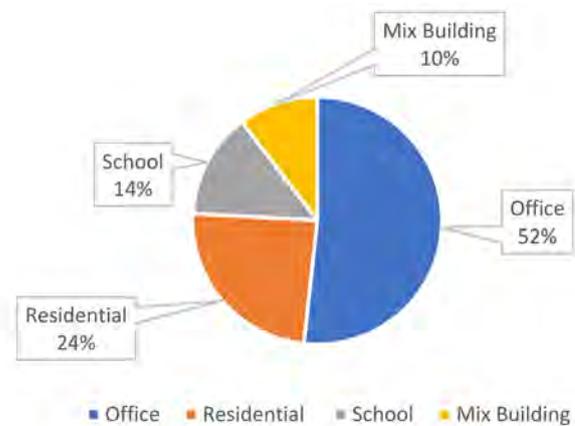


Fig. 2

The data collected in POE campaigns are mainly used to collect occupant feedback and detect eventual environmental and microclimatic discomfort problems so as also to offer a financial benefit in the interest of the management of corporations. The transversal POE procedure was used by over 53% of the papers analysed, followed by the point-in-time (26%) and the longitudinal (20%) methods. In the 29 papers that described the application of a transversal POE procedure, the distribution of building types follows the general trends previously presented, as follows: offices (52%), schools (14%), residences (24%) and mixed-use buildings (10%) (Fig. 3).

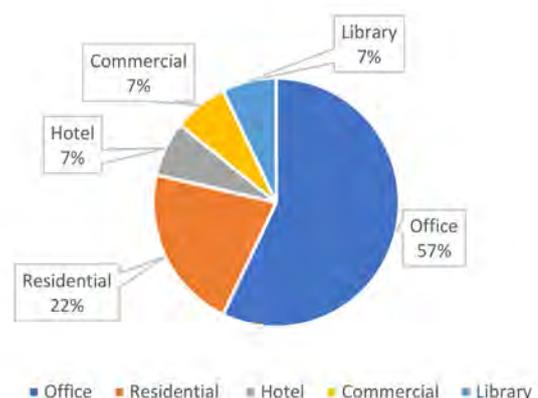


Fig. 3

In terms of the POE techniques applied, the papers focus on methodologies based on the survey created by the Center for the Built Environment at UC Berkley, modified and adapted according to the specific needs of the project. This survey technique is, in fact, the most widely used for the survey of public and private buildings.

The questionnaire is typically structured on several categories (e.g., Thermal comfort, Lighting, Noise, etc.), and it might include the possibility of open questions. Answers are provided using a 7-point Likert scale, ranging between -3 and +3, and implies an average response time is 12 minutes. The use of this technique implies an invitation to participate, normally sent via e-mail, and the request to complete and return the questionnaire within a specific date (Graham et al., 2020).

For the point-in-time POE procedure, 14 Papers have been selected and catalogued, corresponding to 26% of the total. Specifically, they described data collection campaigns conducted in offices (57%), residences (22%), commercial buildings (7%), hotels (7%) and libraries (7%) (Fig. 4).

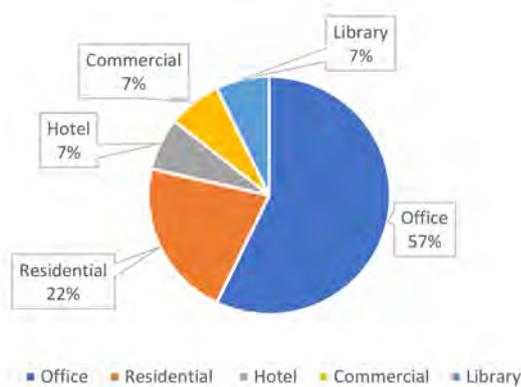


Fig. 4

The main feature of these POE campaigns consists in the administration of a (generally) paper-based questionnaire aiming to collect occupants' perception and feedback (on a Likert scale or as Yes/No binary codes) while environmental measures are taken with fixed sensors or hand-held instruments (Candido et al., 2016).

For the longitudinal POE procedure, 11 Papers (22% of the total) have been selected and catalogued. In particular, authors describe POE campaigns conducted in offices (37%), residences (27%), mixed-use buildings (18%) and schools (18%) (Fig. 5).

This data collection methodology often uses pop-up tools, either delivered on a PC or on a mobile device whereas the occupant is asked to answer simple questions about their perception of comfort or well-being. The answers are generally based on binary codes (e.g., Yes/No, Cold/Hot). The questionnaire might also present a Likert scale, with a maximum score of 5 points. The answers provided by occupants are then compared with data from simultaneous monitoring or from simulation models (for example, using advanced software such as Energy Plus or Design Builder).

Certification systems requirements, feedback categories and POE criteria

Several building certification systems have recently started to integrate credits linked to POE criteria. For the most popular of such systems – LEED v.4.0, LEED v.4.1, BREEAM, WELL v.2, Green Mark and Green Star – Table 2, in Appendix, summarizes the credit requirements with respect to the type of build-

ing (e.g., new or existing) and the environmental certification sought. Table 2 has been informed by a detailed analysis of the manuals and online guidelines of each certification system, and provides an indication of the criteria necessary for the obtention of prerequisite and/or optional credits for post-occupancy evaluation campaigns.

This analysis highlighted how *transversal* POE campaigns might often be initiated by the desire, from the part of the client, to obtain a relatively quick examination of the occupants' level of satisfaction with the building and its features. The questionnaires are generally aimed at collecting feedback under various categories including, for example: layout and furnishing, thermal comfort, visual comfort, air quality, acoustic quality, cleanliness and maintenance, ease of interaction, perceived job performance, etc. (Zagreus et al., 2004). The data gathered are processed, statistically analysed and compared with similar buildings that have previously been surveyed. The questionnaire can be modified and adapted in accordance with the building typology or the specific purpose of the analysis (Lee et al., 2010). These surveys can be useful for benchmarking purposes, although the use of standardized questions – and the relative little freedom for occupants to express their feedback in the form of open-ended comments – might hinder the obtention of a detailed snapshot of the effective state of the building. This limitation may over-simplify the complexity of buildings and of the differences in perception among occupants (Wargoeki et al., 2012).

Point-in-time evaluations, also known as “right now” surveys, involve environmental data gathering through sensors positioned on mobile carts, or via hand-held instruments. This POE procedure makes it possible to collect simultaneous occupant and building data in several points and at different times of the day, reducing the costs for the positioning of fixed sensors in different areas. The data collected, stored on MicroSD cards or transmitted via wireless connection to a remote server, can be catalogued and divided by pre-set categories (e.g., age, gender, position, work activity), while preserving sensitive data and individual information. A disadvantage of this procedure may consist in the granularity of the data gathered, which can only provide a partial overview, spatially and temporally, of the state of a building. It is also important to know the technical specifications of each sensors that are in use, so that the accuracy and the error range (after calibration) of the data is known. Further information on this methodology is provided by Stevenson (2019) and Kim et al. (2016).

Longitudinal surveys can allow the investigation of the continuing evolution of occupant satisfaction with specific indoor environmental parameters over a certain period of time. The recent ubiquitous diffusion of mobile technologies (e.g., hand-held devices, smartwatches and smartphones) is offering significant scope to the evolution of this POE procedure, due to the imme-

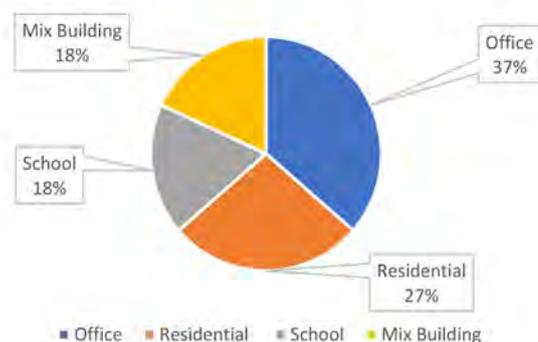


Fig. 5

diacy with which occupant response to simple question can be given. Yet, the principal weakness of these surveys consists in the simplified nature of the questions asked, the limitations in feedback collected (e.g., binary code) or the difficult correlation of responses with IEQ parameter readings that can continuously record the evolution of the environmental conditions to which people are exposed. However, combination of these response modes with the data gathered via wearable sensory technologies is offering significant promises. Further information on this methodology of POE data collection is provided by Gonzalez-Caceres et al. (2019).

Concluding remarks

The administration of POE surveys and data collection campaigns is progressively becoming a fundamental instrument to allow a correct evaluation of the design and operation choices to be carried out in working and in residential environments, for both new buildings and for interventions on the existing stock.

The appropriate selection of POE procedure (transversal, point-in-time and longitudinal) must be based on well-defined indicators, including the building location and typology, and a thorough understanding and analysis of the environmental factors (e.g., humidity, temperature, ventilation, etc.) associated with the problem encountered. These factors need to inform the choice of POE tools and methods based on the objectives of the study.

The building type to be analysed can also orientate the selection of the most appropriate certification scheme, if a green rating or the acknowledgement of environmental performance is sought. Most certification tools, in fact, are differentiated based on typology (e.g., schools, offices, hospitals, retail, residential) and stage of construction (e.g., new or existing).

From the analysis of the literature, it is evident that building certification, indoor environmental quality, and post-occupancy evaluation are becoming recurring themes in building practice and research, together with the increased awareness of the importance of providing for the comfort and well-being of occupants.

To this aim, this study has highlighted significant steps ahead that the development of POE procedures has made over recent years, although there is still a significant gap to be filled particularly in terms of the application of these monitoring methodologies to sectors other than commercial (i.e., office and retail), particularly including educational buildings (e.g., schools, universities), and homes, also due to the significant share of energy use they entail.

It would also be important to deploy POE preventive campaigns in the older residential building stock, for a prompt detection of potential causes of 'sick building syndrome', and to increase their energy performance, as well as for raising awareness and educating occupants about good energy management practices.

Nowadays, to face the increasing challenges of climate change, it is more and more important to combine human comfort and well-being in the built environment with more efficient building performance at all scales (Andreucci, 2019).

Evidence-based design strategies leveraging on POE campaigns, aiming at improving the effectiveness of building design and operation strategies, while promoting sustainable practices and behaviours, are certainly an important contribution in this direction.

Acknowledgments

The literature review at the basis of this paper has been supported by the COST Action CA16114 'RESTORE' (Restoring Sustainability TOWARDS a Regenerative Economy) through a Short-Term Scientific Mission in 2019, organised by Sergio Altomonte and Maria Beatrice Andreucci. The study has been conducted by Marco Giampaolletti, in Brussels (Belgium), at the Faculty of Architecture, Architectural Engineering, Urbanism (LOCI) of the Université catholique de Louvain, under Sergio Altomonte's supervision. An extended version of this paper has been published, also with other co-authors, as the chapter "POE Protocols" featured in the booklet "Regenerative Technologies for the Indoor Environment: Inspirational Guidelines for Practitioners" published by Working Group 4 of the RESTORE COST Action (WG4 Coordinators: Roberto Lollini, Wilmer Pasut).

Author Contributions

Conceptualization: Sergio Altomonte and Maria Beatrice Andreucci; Literature Review: Marco Giampaolletti with Sergio Altomonte supervision; Writing – Original Draft Preparation: Marco Giampaolletti and Maria Beatrice Andreucci; Writing – Review and Editing: Maria Beatrice Andreucci; Visualization: Marco Giampaolletti, with Maria Beatrice Andreucci supervision; Funding Acquisition: Sergio Altomonte and Maria Beatrice Andreucci.

References

- Altomonte, S., Schiavon, S., Kent, M.G. and Brager, G. (2019), "Indoor environmental quality and occupant satisfaction in green-certified buildings", *Building Research & Information*, vol. 47, p. 255-274.
- Andreucci, M.B. (2019), *Progettare l'involucro urbano: casi studio di progettazione tecnologica ambientale*, Wolters Kluwer, Milano, IT.
- Cândido, C., Kim, J., de Dear, R. and Thomas, L. (2016), "BOSSA: a multidimensional post-occupancy evaluation tool", *Building Research and Information*, vol. 44, pp. 214-228.
- Gonzalez-Caceres, A., Bobadilla, A. and Karlshøj, J. (2019), "Implementing post-occupancy evaluation in social housing complemented with BIM: A case study in Chile", *Building and Environment*, vol. 158, pp. 260-280.
- Graham, L., Parkinson, T., and Schiavon, S. (2020), *Where we go now? Lessons learned from 20 years of CBE's Occupant Survey*, UC Berkeley, Berkeley, USA.
- Kim, J., Candido, C., Thomas, L. and de Dear, R. (2016), "Desk ownership in the workplace: The effect of non-territorial working on employee workplace satisfaction, perceived productivity and health", *Building and Environment*, vol. 103, pp. 203-214.
- Lee, Y. S. and Guerin, D. A. (2010), "Indoor environmental quality differences between office types in LEED-certified buildings in the US", *Building and Environment*, vol. 45, pp. 1104-1112.
- Stevenson, F. (2019), "Embedding building performance evaluation in UK architectural practice and beyond", *Building Research and Information*, vol. 47, pp. 305-317.
- Wargocki, P., Frontczak, M., Schiavon, S., Goins, J. and Zhang, H. (2012), "Satisfaction and self-estimated performance in relation to indoor environmental parameters and building features", *DTU Library*, proceedings of the 10th International Conference on Healthy Buildings, Brisbane, Queensland, October 4-5, 2012, DTU, Brisbane, pp. 1-7.
- Zagreus, L., Huizenga, C., Arens, E. and Lehrer, D. (2004), "Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey", *Indoor air*, vol. 8, pp. 65-74.

Appendix

Survey Tool	Year	Min. n° of occupants to be interviewed	Procedure	Technique	Evaluation	Before and/or after?	Feedback Categories	Compliance with certification requirements	Main building type
CBE Occupant Survey	1999	not specified	Transversal	Questionnaires Online	Collection of questionnaires in a database to plan future strategies	Survey valid if the occupants moved to the building for last 6 months	General Building, Air Quality, Maintenance, Thermal Comfort, General Workspace, Acoustic Quality, Lighting, Office Furnishings, Office Layout, etc.	LEED, WELL	Office, Laboratory, School, Residence, Health Care, etc.
BOSSA TIME-LAPSE	2013	not specified	Point in time	Questionnaire Right Now	Questionnaire to the occupants with selected key words	Pre and Post evaluation criteria	Indoor Air Quality, Spatial comfort, Noise distraction and Privacy, Connection to Outdoor Environment, Building Image and Maintenance, Individual Space, Thermal Comfort, Visual Comfort, Perceived Health and Productivity	NABERS, LEED	Office Buildings
SNAP-SHOT BOSSA	2013	not specified	Point in time	Questionnaire Right Now	Questionnaire to the workers of an office to evaluate their work area	Measurement real-time	Acoustics, Thermal Comfort, Visual Comfort, IAQ	WELL	Office Buildings
BOSSANOVA	2013	not specified	Point in time	IEQ Mobile Right Now	Mobile cart equipped with sensors	Measurement real-time	Thermal Comfort, IAQ, Lighting and Acoustics	WELL	Office Buildings
BUS	2009	not specified	Transversal	Questionnaire Online	Questionnaire based on the perception of comfort and well-being	Before or After an intervention	Work organization, Water, Nutrition, Movement, Mind and Community Programs, etc.	WELL, BREEAM, LEED	Office Buildings, Residential School, Health Care
Space Performance Evaluation SPEQ	1998	not specified	Transversal	Questionnaire Online	Online questionnaire of 76 questions on 7 different categories (average completion time 12 minutes)	Survey for the quality, comfort, performance, health of the workplace or living space	Thermal Comfort, Visual and Acoustics, Air Quality	LEED, WELL	Office Buildings, Residential School, Health Care
Leesman Index Leesman+	1970	50	Longitudinal	Survey Online	Questionnaire for the future organization of the company, for future decisions and investments	Before or After an intervention	Collaboration, Environment Design, Facilities and Services, Furniture and Layout, Indoor Environment Quality, Technology	WELL	Work Activities, Workplace Impact, Physical and Service Features, Mobility
Occupant Comfort & Wellness Institute Built Environment IBE	1994	not specified	Longitudinal	Survey Online	Performance survey in the workplace	Before or After the operation	Office Layout, Workspace, Thermal Comfort, Air Quality, Lighting, Acoustic Quality, Building cleanliness, Wellbeing, Health conditions	WELL	Office
Comfortmeter	1992	100	Transversal	Questionnaire Online	Questionnaire of 59 questions, online, average response time 10 minutes, anonymous	Survey valid if the occupants moved to the building for last 12 months (1 winter and 1 summer)	Lighting, Air Quality, Office Environment, Thermal Comfort, Acoustics, Individual control	LEED, BREEAM	Office, Schools, University, Retail, Industry
BeWell.LeadWell *Women *Coaching *Leadership Circles	1989	not specified	Transversal	Questionnaire Online	Questionnaire of 133 questions divided into 6 categories and 19 sub-categories	Improve leadership in the workplace	Prosperity, Fuel, Flow, Wonder, Wisdom and Amplified Prosperity	WELL	Work Activities, Office
OHFB Afriforte	1998	not specified	Transversal	Questionnaire Online	Service for the company to maximize profits	Guide to maximize profits and to invest in your company, increase productivity	Maximize ROI, Increase Productivity, Workspace	WELL	Work Activities, Office

Tab. 1

LEED V.4.0 2013	Type	Building type	Feedback category	POE Evaluation Criterion	C/P	Requirements
	O+M	Existing Buildings Retail School Hospitality Warehouses and Distribution center	INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	Occupant Comfort Survey	C	<p>1 Credit</p> <p>Administer at least one occupant comfort survey to collect anonymous responses regarding the following criteria: Acoustics, Building cleanliness, Indoor air quality, Lighting, Thermal comfort.</p> <p>The responses must be collected from a representative sample of building occupants making up at least 30% of the total occupants. At a minimum, perform one new survey at least once every 2 years.</p>
	ID+C	Commercial Interiors Retail Hospitality	INNOVATION	Occupant Engagement	C	<p>1 Credit</p> <p><u>Request:</u> Feedback on consumption, implementing communication methods to inform occupants on the energy consumption of the building or workspace. It can be done in real time or on a monthly basis; minimum requirement 1 year of occupation of the same space.</p> <p><u>Request:</u> Occupant responsibility, implement programs to involve the occupants through communications to contribute to the achievement of the sustainability objectives for the building.</p> <p><u>Request:</u> Performance, trace and document the results to the occupants through meetings specifying the areas to be improved and the performances achieved.</p>
	BD+C	New Construction Major Renovation Core and Shell Data Center Hospitality Retail School Warehouse and Distribution Center		Design for Active Occupant	C	<p>1 Credit</p> <p>Improve the health of building users through physical activity by reducing environmental impacts.</p> <p><u>Request:</u> Buildings must have at least a staircase that allows occupants to move; moreover, 7 out of 11 design features must be included.</p>
				Occupant Comfort Survey	C	<p>1 Credit</p> <p>Administer at least one occupant comfort survey to collect anonymous responses regarding the following criteria: Acoustics, Building cleanliness, Indoor air quality, Lighting, Thermal comfort.</p> <p>The responses must be collected from a representative sample of building occupants making up at least 30% of the total occupants. At a minimum, perform one new survey at least once every 2 years.</p>

Legend: C: Credit, P: Prerequisite, O+M: Building Operations + Maintenance, ID+C: Interior Design + Construction, BD+C: Building Design + Construction

	Type	Building type	Feedback Category	POE Evaluation Criterion	C/P	Requirements
LEED V.4.1 2013	O+M	Existing Buildings Retail School Hospitality Warehouses and Distribution center	INNOVATION	Occupant Engagement	C	1 Credit <u>Goal:</u> improving building performance by enabling energy-efficient behavior of building occupants. <u>Request:</u> inform the occupants of the actual energy consumption of the building, in real time or through reporting mechanisms on a monthly basis. Minimum data registration period 1 year. Empowering occupants with periodic communications to achieve building sustainability goals.
	ID+C	Commercial Interiors Retail Hospitality		Design for Active Occupant	C	1 Credit Improve the health of building users through physical activity by reducing environmental impacts. <u>Request:</u> Buildings must have at least a staircase that allows occupants to move; moreover, 7 out of 11 design features must be included.
	BD+C	New Construction Major Renovation Core and Shell Data Center Hospitality Retail School Warehouse and Distribution Center		Occupant Comfort Survey	C	1 Credit Administer at least one occupant comfort survey to collect anonymous responses regarding the following criteria: Acoustics, Building cleanliness, Indoor air quality, Lighting, Thermal comfort. The responses must be collected from a representative sample of building occupants making up at least 30% of the total occupants. At a minimum, perform one new survey at least once every 2 years.

Legend: C: Credit, P: Prerequisite, O+M: Building Operations + Maintenance, ID+C: Interior Design + Construction, BD+C: Building Design + Construction

	Building type	Category	Category of credits	POE Evaluation Criterion	C/P	Requirements
BREEAM V.2014	Communities Infrastructure New Construction In-Use Refurbishment& Fit-Out	NEW COSTRUCTION REFURBISHMENT& FIT-OUT	Management Man 05 "Aftercare" 3 credits	Post Occupancy Evaluation	C	1 Credit The client or the occupant of the building undertakes to carry out a post-occupancy evaluation (POE) one year after the initial occupation of the building. The occupant of the building undertakes to carry out adequate dissemination of information on the post-occupation performance of the building.
WELL 2018 V.2	User and Professional Communities New Construction In-Use Schell and Core (WELL CORE)	All project	Community category	Prerequisite C03 Occupant Survey	P	Prerequisite This prerequisite requires that projects collect feedback from users on well-being and health. The survey can be provided by third parties (IWBI approved) or be personalized and must be provided to the occupants at least once a year. Protection of personal data is guaranteed by privacy and anonymous results are provided to WELL online.
GREEN MARK 2005	Residential and non-Residential Building (new or existing)	Existing Buildings	Category Other Green Requirements	Post Occupancy Evaluation 3 Credits	C	2 Credits Post occupancy survey for occupants on the energy performance of the building. Required number of respondents 10% of minimum occupancy and up to a maximum of 100, at least 5 people must be interviewed if the building users are less than 50. 1 Credit For the creation of a list of good actions undertaken after the Post Occupancy Evaluation, if performed.
GREEN STAR 2003	New Construction In-Use Refurbishment Fit-Out	All project	Category Indoor Environmental Quality	Occupant Satisfaction (survey and levels)	C	4 Credits The Occupant Satisfaction credit rewards the assessment of building occupants' overall comfort by way of an occupant survey, with points awarded where at least 80% of respondents indicate satisfaction during the analysis period.

Legend: C: Credit, P: Prerequisite, O+M: Building Operations + Maintenance, ID+C: Interior Design + Construction, BD+C: Building Design + Construction

Tab. 2

Fig. 1 - Yearly distribution of selected papers. Credits: Author

Fig. 2 - POE procedures distribution according to building typology. Credits: Author

Fig. 3 - Building types distribution in papers describing a POE transversal procedure. Credits: Author

Fig. 4 - Building types distribution in papers describing a POE point-in-time procedure. Credits: Author

Fig. 5 - Building types distribution in papers describing a POE longitudinal procedure. Credits: Author

Tab. 1 - POE survey tools and feedback categories: compliance with protocols.

Tab. 2 - Certification system requirements, feedback categories and POE criteria.

TECNOLOGIE E CULTURA DEL PROGETTO NELLA SOCIETÀ DELLE MANGROVIE

Andrea Campioli¹

Abstract

Il rapporto tra cultura del progetto e tecnologia nei processi di trasformazione dell'ambiente costruito assume connotati del tutto particolari nell'attuale società dell'informazione, in ragione della sempre più marcata contaminazione tra reale e virtuale, materiale e immateriale, analogico e digitale. Il trattamento di grandi quantità di dati attraverso diverse forme di intelligenza artificiale è destinato ad affiancare i modi con i quali vengono tradizionalmente affrontate le attività di progettazione e costruzione, delineando una nuova cultura "im-materiale" e descrivendo inediti orizzonti di riferimento per la pratica del progetto, la ricerca e la formazione.

Keywords: Analogico/Digitale, Pratica del Progetto/Ricerca/Formazione

¹ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, andrea.campioli@polimi.it.

Verso una cultura "im-materiale"

Nell'attuale società dell'informazione, viviamo in uno spazio allo stesso tempo perfettamente analogico e digitale, off-line e on-line: l'infosfera (Floridi, 2014). In questo spazio, il trattamento automatico di grandi quantità di dati e le diverse forme di intelligenza artificiale sono destinate ad assumere il ruolo che un tempo era svolto dalla cultura materiale: *big data*, internet delle cose, *machine learning* applicati a artefatti e a reti di artefatti sempre più articolate e complesse configurano un nuovo ambiente. Come le mangrovie crescono rigogliose nelle foci dei fiumi dove l'acqua è dolce e contemporaneamente salata (Floridi, 2018), così oggi siamo chiamati a comprendere quali siano gli strumenti e le abilità necessarie per poter trarre vantaggio da questa "con-fusione" di analogico e digitale, cogliendo le opportunità che essa offre ed evitando la minaccia di essere soverchiati da una tecnologia che sembra poter svolgere il suo compito nel rapporto tra l'uomo e gli artefatti in modo sempre più autonomo, ponendo criticità particolarmente rilevanti anche nel nostro ambito di interesse. Nei processi di trasformazione dell'ambiente costruito, infatti, il rapporto tra analogico e digitale assume connotati peculiari.

L'ambiente costruito è una specie del tutto particolare di artefatto: complesso, molteplice, esito di stratificazione culturale, portatore di una fisicità straordinaria, finalizzato a costituire habitat capaci di rispondere alle esigenze, non solo fisiche, di chi li abita. L'ibridazione digitale della fisicità dell'ambiente costruito e dei relativi processi di trasformazione non può essere orientata a una semplice virtualizzazione e smaterializzazione delle cose, dello spazio, delle strutture organizzative, ma piuttosto deve essere indirizzata alla riprogettazione e al potenziamento della realtà (Tagliagambe, 1997) al fine di conferire ad essa connotati meglio rispondenti agli specifici bisogni di tutti i soggetti interessati. Con riferimento all'intero processo di progettazione, costruzione e gestione ciò significa integrare la dimensione reale degli artefatti con una poderosa dimensione informativa che "aumenta" la capacità decisionale dei soggetti coinvolti. È il caso, per esempio, dell'utilizzo di algoritmi di apprendimento artificiale (*machine learning*) per l'analisi dell'ingente mole di dati che si stanno accumulando relativamente al comportamento degli edifici, nella progettazione architettonica e ingegneristica. Alla capacità riconosciuta all'uomo di produrre sintesi a partire dalle conoscenze sedimentate sulla base dell'esperienza pregres-

sa non sempre esplicita (quella che viene definita come conoscenza tacita), si affianca la possibilità di valutare la soluzione più adeguata a partire dall'elaborazione di una estesa base informativa (*big data*), che nessun singolo individuo sarebbe mai in grado di possedere, attraverso complessi sistemi di variabili (gli algoritmi).

Questo scenario affida una grande responsabilità ai soggetti impegnati nell'individuazione delle variabili da considerare e delle relazioni che le legano. Gli algoritmi applicati ai *big data* non sono neutrali: nell'intervenire sulla realtà oggetto di studio occorre porre grande attenzione nel fissare indicatori e nel definire un orizzonte di attese. Sarebbe pertanto fuorviante pensare che i *big data* possano rappresentare in modo esaustivo la realtà, tanto da non richiedere più alcun quadro di riferimento teorico all'interno del quale collocare la comprensione dei fenomeni. Ma al contempo, esso offre al progetto e alla costruzione dell'ambiente costruito l'opportunità di sperimentare i vantaggi che possono derivare dall'applicazione delle capacità tipiche dell'intelligenza artificiale, qualitativamente diverse da quelle del nostro cervello: la connettività e la possibilità di aggiornamento continuo (Harari, 2018, p. 47).

Si tratta di un orizzonte tecnologico che ha bisogno di una nuova cultura, capace di ibridare aspetti immateriali e materiali: una cultura "im-materiale", appunto. Già oggi si colgono evidenti segnali che vanno in questa direzione: la pratica del progetto è al centro di un processo di rapida e drastica trasformazione negli strumenti, nelle competenze e nell'organizzazione dell'attività che vede sempre più diffuso il riferimento al digitale (Kale, 2019); sul versante della ricerca assistiamo a uno spostamento dell'interesse verso temi fortemente orientati all'approfondimento dell'interazione delle tecnologie digitali con il mondo reale, anche attraverso articolate e inedite partnership tra mondo accademico e produzione; la formazione, infine, è impegnata in uno straordinario sforzo di aggiornamento dei propri statuti e della propria offerta per adeguarsi alla richiesta di competenze sempre più distanti, articolate e complesse rispetto a quelle traggiate in passato e fortemente caratterizzate da specifiche abilità sul versante della gestione digitale dei processi (Soliman, Taha, El Sayad, 2019).

La pratica del progetto

La pratica del progetto è oggi al centro di un rapido e profon-

do processo di trasformazione. La diffusione delle tecnologie digitali sta infatti ampliando la capacità di prevedere gli esiti delle scelte progettuali. Numerosi sono gli studi di progettazione¹ che utilizzano nell'attività di progettazione strumenti di supporto alle decisioni basati sulla simulazione del comportamento in uso di quanto viene progettato, rispetto a diversi parametri e differenti scale. Su questo fronte un ruolo pionieristico è stato svolto dalla simulazione del comportamento energetico. Ma oggi sono numerosi gli aspetti di performance che possono essere affrontati con il supporto di sofisticate tecnologie di simulazione digitale: dall'illuminotecnica all'acustica, dall'efficienza ambientale alla sostenibilità economica.

Laddove il processo di progettazione si fondava sull'intuizione sperimentale e su limitate possibilità di calcolo, oggi si può fare affidamento su strumenti di analisi, simulazione visualizzazione che migliorano la comprensione di un progetto fin dalle fasi preliminari, consentendone la previsione delle prestazioni. Gli strumenti digitali possono supportare i progettisti nell'ottimizzazione delle scelte progettuali attraverso risultati misurabili, modificando il processo di progettazione e i ruoli e le responsabilità dei soggetti coinvolti nel processo.

Anche dal punto di vista della concezione spaziale e morfologica degli artefatti la contaminazione tra cultura materiale cultura digitale apre interessanti e inediti scenari. Alcune sperimentazioni in atto su questo fronte² indicano come grazie alla integrazione delle caratteristiche prestazionali dei materiali e dei processi di produzione all'interno del pensiero e delle tecniche di design computazionale sia oggi possibile arricchire i sistemi materiali con nuove possibilità morfologiche e tettoniche. È il caso per esempio di sistemi di produzione *cyber-fisici*, dove la macchina utensile ha la capacità sensoriale di raccogliere informazioni dal suo ambiente di fabbricazione e di cambiare il suo comportamento di produzione in tempo reale.

La digitalizzazione ha già ridefinito la pratica del progetto, ma trasformazioni ancora più radicali potranno derivare dalle applicazioni dell'intelligenza artificiale, configurando un *milieu* tecnologico certamente destinato ad aumentare le capacità del progettista che potrà considerare contemporaneamente più opzioni, connettersi a vasti repertori di informazioni e di dati, analizzare i progetti contemporaneamente in relazione a differenti parametri prestazionali, costruire strumenti di progettazione personalizzati.

La ricerca

Il ritardo con il quale il paradigma della digitalizzazione proposto da "industria 4.0" si sta affermando nel settore delle costruzioni sul triplice versante del progetto, della esecuzione e della gestione pone con urgenza il tema dell'ibridazione tra analogico e digitale: la questione è individuata con chiarezza nei documenti di indirizzo strategico delle istituzioni e delle associazioni del settore delle costruzioni che riconoscono proprio nella digitalizzazione la grande sfida per la ricerca, da qui fino al 2050.

L'agenda per l'innovazione e la ricerca strategica 2021-2027 della Piattaforma tecnologica europea delle costruzioni, dell'ambiente costruito e degli edifici energeticamente efficienti (ECTP, 2019) pone tra gli obiettivi da raggiungere nel medio (2030) e nel lungo termine (2050) quello della definizione di un "ecosistema delle costruzioni" in grado di migliorare la crescita

di produttività del settore che oggi si attesta soltanto a un quarto rispetto alla crescita che caratterizza i settori manifatturieri (1% contro il 3,6%). Si pone il problema di un incremento della competitività di un settore caratterizzato dalla prevalenza di piccole e medie imprese e necessariamente destinato a confrontarsi con un mercato sempre più allargato.

La sfida prioritaria è quella di una implementazione tecnologica nella direzione dell'automazione, del Building Information Modeling (BIM), dell'Internet delle cose, dei materiali avanzati, della produzione additiva, temi che richiedono una radicale ristrutturazione dell'organizzazione dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito in tutte le loro fasi, da quella progettuale a quella gestionale. Occorre in altre parole puntare su una intensa attività di ricerca innovativa nella direzione della digitalizzazione dei flussi informativi, che veda il contributo convergente e simbiotico dell'accademia e del mondo della produzione.

La formazione

La formazione costituisce lo snodo più delicato per l'affermazione di una cultura immateriale basta sulla confusione di analogico e digitale. Soltanto un ripensamento dei programmi formativi, dei loro obiettivi e della loro articolazione potrà infatti consentire un pieno sviluppo delle potenzialità offerte dal nuovo *milieu* tecnologico, evitando al contempo l'affermarsi di forme di assoggettamento acritico alla tecnica.

Gli attuali programmi di formazione sono prevalentemente impostati sull'accumulo di nozioni: all'interno di contesti caratterizzati da una disponibilità scarsa e incompleta di informazioni, il possesso di un solido bagaglio di conoscenze costituisce un vantaggio competitivo. Nell'info-sfera l'attenzione dei processi di formazione è invece chiamata a spostarsi verso la messa a punto di strumenti critici che consentano di interpretare le informazioni per individuare quelle rilevanti.

Alcuni autori sottolineano l'importanza del passaggio da un modello formativo basato sull'acquisizione di conoscenze specifiche a un modello dove invece diviene cruciale l'acquisizione della capacità di gestire il cambiamento, di imparare nuove cose e di mantenere il controllo in situazioni di emergenza (Florida, 2014, Harari, 2018), aspetti centrali in un sistema la cui peculiarità è costituita dall'incertezza. Si tratta certamente di uno spostamento necessario; a condizione che il secondo modello non soppianti il primo, ma lo affianchi.

In un contesto caratterizzato da una profonda ibridazione tra analogico e digitale la preoccupazione dei processi di formazione non può più limitarsi al trasferimento di conoscenze e buone pratiche mutuata dall'esperienza, ma deve anche farsi carico di costruire una solida capacità di esplorazione del nuovo all'interno di un orizzonte tecnologico profondamente ampliato.

Alla formazione è oggi pertanto richiesto lo sforzo di aggiornamento più rilevante, sia sul versante dei contenuti, sia sul fronte dei modelli pedagogici.

Conclusione

La condizione necessaria per un'effettiva integrazione di analogico e digitale all'interno di una cultura immateriale del progettare e del costruire è quella di considerare la pratica del progetto, la ricerca e la formazione parti indistinguibili di un

¹ Le grandi società di progettazione, le cosiddette Architecture, Engineering and Construction Firms (Gensler, Skidmore, Owings & Merrill, Jacobs, HDR) sono da tempo impegnate in un processo di aggiornamento degli strumenti a supporto delle decisioni nei quali analogico e digitale si "con-fondono".

² Di particolare interesse sono le ricerche condotte da Achim Menges e dal gruppo di ricerca dell'Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung, Universität Stuttgart. (<https://www.icd.uni-stuttgart.de>).

unico ecosistema dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito. Sarà infatti possibile concepire una cultura immateriale del progettare e del costruire soltanto laddove la pratica del progetto potrà contare su una ricerca costantemente impegnata in campi inesplorati e incerti attraverso la sperimentazione interdisciplinare e su una formazione in grado di costruire le competenze e le abilità necessarie per agire nel territorio ibrido della commistione di analogico e digitale.

Ma allo stesso tempo, sarà possibile concepire una cultura immateriale del progettare e del costruire soltanto allorquando si riusciranno a tenere «le distanze da ogni forma di “concezione salvifica” della tecnica e delle tecnostutture improntata a un neo-determinismo tecnologico e basata sull'illusione che le nuove tecnologie configurino da sole servizi, processi, organizzazione, lavoro, culture. Parliamo di illusione in quanto le tecnologie, vecchie o nuove che siano, [analogiche o digitali] non sono un sostituto dell'attività di gestione dei sistemi sociali da parte dell'intelligenza umana e della capacità di quest'ultima di governarne la transizione da un assetto corrente a una modalità organizzativa desiderata e migliore, ma una loro componente, che è in grado di sviluppare la propria forza solo se viene accompagnata e sorretta da interventi di natura sociale e culturale» (Tagliagambe, 2017).

References

- European Construction Technology Platform (2019), Strategic Research & Innovation: Agenda 2021-2027, European Commission, Brussels
- Floridi, L. (2014), *The fourth Evolution. How Infosphere is reshaping Human reality*, Oxford University press, Oxford, UK.
- Floridi, L. (2018), “Soft Ethics and the Governance of Digital”, *Philosophy & Technology*, vol. 31, pp. 1-8.
- Harari, Y.N. (2018), *21 Lessons for the 21st Century*, Spiegel & Grau, New York City, NY.
- Kahneman, D. (2011), *Thinking. Fast and Slow*, Macmillan, New York City, NY.
- Kale, V. (2019), *Digital Transformation of Enterprise Architecture*, CRC Press, Boca Raton, USA.
- Peters, B. and Peters T. (2018), *Computing the Environment. Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture*, John Wiley & Sons, Chichester, USA.
- Soliman, S., Taha, D. and El Sayad, Z. (2019), “Architectural Education in the Digital Age. Computer Application between Academia and Practice”, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 58, pp. 809-818.
- Tagliambe, S. (1997), *Epistemologia del confine*, il Saggiatore, Milano, IT.
- Tagliagambe, S. (2017), “Apprendimento”, available at: www.silvanotagliagambe.net/apprendimento/ (accessed 2 January 2020).

SMART MEDINA

ESPERIENZE DI DESIGN AUMENTATO PER LA MEDINA DI FEZ

Jurji Filieri¹

Abstract

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) costituiscono il centro di una revisione globale dei sistemi, che, dopo aver agito da propulsori di un processo di Globalizzazione culturale, dimostrano oggi per inverso di essere soprattutto uno straordinario strumento per la caratterizzazione locale, agendo come fattori catalizzanti per la costruzione di conoscenza. Giunti di fronte a una fase "metabolica", in cui la dimensione connettiva e strumentale è ormai interiorizzata, il network diventa spazio per la costruzione di cultura locale (local cultures), disponibile per il progetto.

Keywords: Local, Network, ICT, Sostenibilità, Cultura di progetto, Heritage design

¹ DIDA_dipartimento di architettura, Università di Firenze, jurji.filieri@unifi.it



Fig. 1

Verso una progettualità allargata

Le tecnologie dell'informazione, che finora hanno operato soprattutto come canale veicolare per la trasmissione di dati, messaggi e sapere, divengono in questa fase post-informativa, dei centri catalizzatori, definendo spazi (virtuali) di progettualità, all'interno dei quali le informazioni interagiscono e vengono rielaborate in forme efficaci di design locale. La società odierna dimostra una segmentazione complessa e variabile, solo in parte espressa e sottolineata dal mercato. Lo stesso consumatore è uomo, figlio, marito, padre, lavoratore, viaggiatore e cittadino, chiamato ad aderire più o meno fedelmente a modelli ordinativi definiti dalla cultura di un luogo o di un popolo. Queste categorie, anche per effetto di influenze molteplici, abilitate soprattutto dalle stesse tecnologie, hanno bordi sempre più sfumati, in cui l'uomo e la donna acquisiscono crescente potere di autodeterminazione. Per contro svaniscono riferimenti e punti ordinali nella geografia culturale di ognuno, il che determina senso di smarrimento e l'urgenza di un contributo progettuale in grado di reinserire, anche nel campo delle metodologie e dei processi, se non griglie almeno solide emergenze, attorno a cui costruire il progetto di sé stessi (Manzini, 2015).

Internet e la rete web non sono più soltanto infrastruttura ma sono essi stessi luoghi. L'immagine è quella di una rete autostradale tradotta in unica grande area di servizio, in cui ancora si continua a transitare, ma dove avvengono incontri infinitamente più stimolanti e produttivi del mero trasporto merci o persone. «Se un tempo le tecnologie erano proiezioni fisiche della mente umana (lo strumento inventato nell'età della pietra) oggi sono diventate immateriali e in grado di contrarre il rapporto tra spazio e tempo» (Di Lucchio, Giambattista 2017).

In questo quadro è come se il foglio bianco (o il tavolo da disegno di una generazione ancora precedente di *designers*) o ancora la *meeting room* di un gruppo di ricerca fosse sostituito da un supporto nuovo, che è multidimensionale, flessibile, infinitamente estensibile (almeno per quello che ci è dato immaginare e presagire) e grande, scalabile e adattabile secondo le necessità del caso.

Questa nuova connotazione morfologica e geografica della tecnologia, definita in termini spaziali e non più solo strumentali, alimenta o almeno abilita il processo di formazione di coscienza collettiva e di intelligenza partecipata, che si articola sulla base di un localismo non necessariamente legati alla prossimità fisica degli attori coinvolti, bensì alla circostanza di essersi raccolti attorno ad un cluster di interesse "ben allestito" in rete. Secondo il filosofo francese Pierre Levy la diffusione delle tecniche di comunicazione su supporto digitale ha permesso la nascita di nuove modalità di legame sociale, non più fondate su appartenenze territoriali, relazioni istituzionali, o rapporti di potere, ma sul radunarsi intorno a centri d'interesse comuni, sul gioco, sulla condivisione del sapere, sull'apprendimento cooperativo, su processi aperti di collaborazione. Questo fenomeno da vita all'idea di "intelligenza collettiva", ossia una forma di intelligenza distribuita ovunque, continuamente valorizzata, coordinata in tempo reale, che porta ad una mobilitazione effettiva delle competenze. Piuttosto che appiattire l'individuo all'interno di una collettività massificata e uniformante, questo sapere distribuito determina un vero e proprio processo di emancipazione e civilizzazione, poiché pone ogni persona al servizio della comunità, da una parte permettendogli di esprimersi continuamente e liberamente, dall'altra dandogli la possibilità di fare appello alle risorse intellettuali e all'insieme delle qualità umane della comunità stessa.

Ciò suggerisce la revisione di alcuni processi decisionali ba-

sati sul principio della delega (ad esempio il progetto di design), nella direzione di una maggiore partecipazione aperta a nuovi soggetti, tra cui fruitori e utenti.

In questo senso possiamo individuare nella diffusione pervasiva di tecnologie dell'informazione una sorta di moltiplicatore del capitale intellettuale disponibile al progetto, che funziona tanto meglio quanto più attento sarà il disegno di quello spazio di interazione, in cui avviene la condivisione e l'elaborazione del sapere: dagli spazi di co-working al progetto di co-design, dall'intervista al questionario, dalla messaggistica di gruppo Whatsapp a *conference room* in Skype o Google.

Tuttavia anche prescindendo dalle esperienze progettuali o di ricerca sviluppate a Firenze e Fez, riteniamo utile sottolineare un dato, che da solo avrebbe potuto già da tempo sollecitare più di una riflessione sul destino (o per meglio dire sul futuro) del design e del progetto in genere, ovvero la fattispecie per cui la diffusione "endemica" di ICT, come quella cui abbiamo assistito negli ultimi anni, passa necessariamente attraverso la coesistenza di molteplici condizioni tra cui la costruzione preliminare di una rete di relazione (comunicazione) efficace, l'ideazione di protocolli di codifica dei contenuti disponibile, universale e sicura (una sorta di Esperanto della comunicazione dei dati) e soprattutto la distribuzione dispositiva di punti di accesso al network e ai dati, che sia semplice e confortevole. Ebbene questa ultima circostanza non era stata ancora efficacemente risolta attraverso l'introduzione e la diffusione dei personal computer. Solo con l'avvento universale di device personali come smartphone e tablet l'uomo ha definitivamente conquistato una pressoché piena operatività on-line, da cui è derivata la spinta alla costruzione di un open mind-set collaborativo di impianto trans-culturale. A questo si aggiunge il contributo del design e della User Experience, che ha operato nella direzione di un approccio strumentale "smart" appunto, da cui è derivato il superamento di reticenze e barriere di accesso funzionale di una parte della popolazione e in particolare dei nativi non-digitali o delle persone con disabilità.

Il dato che emerge è che al centro della base relazionale su cui si strutturano i nuovi modelli di socialità, anche progettuale, si collocano smartphone e app, per cui appare evidente l'opportunità o almeno l'interesse a tradurre questi strumenti dentro al processo metodologico, da affiancare all'allargamento della base attiva per la costruzione di un progetto, sia esso di prodotto, di servizio, di architettura, di città.

Nel corso di attività svolte in Marocco negli ultimi due anni è stato possibile sperimentare questo tipo di approccio *bottom-up* durante alcune esperienze progettuali legate alla città di Fez. Il Mercato Centrale e la Medina hanno rappresentato la cornice naturale all'interno della quale si è scelto di utilizzare l'apertura della fase ispettiva alla base di utenza, per tratteggiare il ritratto più fedele di una popolazione collocata a metà tra cultura globalizzata ed eredità culturale fortemente caratterizzata, non solo su base religiosa. I progetti, finalizzati alla realizzazione di un sistema di arredo urbano, efficace per la riqualificazione delle aree su cui intervenivano, hanno coinvolto giovani designer e artigiani del luogo, accanto a donne e uomini comuni, depositari e attori inconsapevoli di un naturale processo di attualizzazione del contesto.

Quadro di riferimento per il progetto di Fez

Durante il mese di Dicembre 2019, in collaborazione con l'Université Euro-Méditerranéenne de Fès UEMF, abbiamo partecipato alla realizzazione di un workshop di progetto, finalizzato alla riqualificazione urbana di un quartiere della Medina di

Fez, attraverso il progetto di design.

Grazie al disegno di un corredo oggettivo, destinato ad essere installato in modo più o meno permanente all'interno dell'area di intervento, il progetto intendeva valorizzare aspetti latenti di una consuetudine abitativa, che passa attraverso l'uso presente e passato degli spazi residui (la piazza e la strada su tutte) e l'esercizio di funzioni e attività di varia natura, dal commercio, al teatro, dalla preghiera, al riposo, all'uso dell'acqua, che a loro volta esprimono ancora oggi, riflessi di una profonda tradizione locale, araba e marocchina, tipicamente radicata nel centro della Medina e nei suoi quartieri/distretto.

L'area di progetto è collocata nel quadrante sud-ovest della città, all'interno del tessuto organico di viuzze e stradine che caratterizza la pianta della Medina. Immersi nel cuore pulsante del commercio della città antica, si arriva ai luoghi di intervento imboccando una traversa della strada principale e abbandonando alle spalle i rumori delle lavorazioni artigianali di legno, metallo, osso, cuoio e pietre, per approdare, non molto lontano, ad un'isola di quiete e silenzio, oggi poco frequentata.

A seguito di un recente intervento di ristrutturazione urbana, da cui sono risultate la realizzazione di una piazza al posto di un edificio decadente e il generale riordino della viabilità circostante, con sbarramento di un vecchio transito commerciale da e per i mercati, l'area appariva priva di quella vitalità che poco distante animava ancora la città e sembrava attendere un completamento, in grado di supportare attività di ristorazione e ospitalità in via di avviamento in quel luogo.

Al momento del primo sopralluogo la dignità estetica dell'intervento e un certo rigore ben espresso dal progetto architettonico e urbanistico sembravano non esser riuscite a riattivare auspicati flussi vitali. Dalle testimonianze raccolte dalle persone sul posto anzi emergeva il timore che, senza un'urgente previsione provvidenziale, lo spazio potesse precipitare in una prematura condizione di degrado, prima ancora d'esser compiutamente sfruttato. A pesare sul destino dell'area sembrava incidere la scelta poco lungimirante di chiudere il passaggio pedonale verso il giardino attiguo, attraverso il quale venditori e artigiani erano soliti passare durante i pomeriggi. Di fronte a simile fattispecie abitanti, commercianti, giovani e bambini avevano rapidamente tracciato itinerari alternativi seguendo strade attigue e soprattutto relegando a nuova marginalità un intero quartiere. Il turista poi, escluse forme di richiamo legate alla segnalazione di un bene di interesse culturale o alla sottolineatura di una forte caratterizzazione produttiva e/o commerciale, restava lontano,

catturato dai luccichii della sola merce esposta lungo le vie principali della Medina.

Dalla prima ricerca sul campo è apparso quanto l'uso del territorio e dello spazio fosse stato, più o meno consapevolmente, percepito come patrimonio collettivo, fortemente partecipato dalla popolazione locale. Questa connotazione, apparentemente ignorata nel progetto di restauro urbano, aveva contribuito a delineare un infausto destino per l'isolato intero e nelle nostre intenzioni chiamava l'urgenza di un reintegro strategico nel corredo di strumenti che i designer, ora chiamati a intervenire con un'opera di completamento e "cura" del territorio, potevano e dovevano utilizzare. Ora e qui sembrava opportuno più che mai il coinvolgimento attivo della popolazione locale, nel tentativo di attivare un contributo latente che solo abitanti, artigiani del luogo e turisti potevano esprimere in forma quasi istintiva inconsapevole.

Metodologia aumentata

Conclusa la fase di approccio al progetto e acquisite quelle nozioni conoscitive relative allo spazio e al suo contesto ambientale, culturale, ideologico e funzionale, il nostro lavoro si è primariamente rivolto alla determinazione di una strategia operativa e al progetto del workshop. Questo doveva contemplare da un lato una più ampia partecipazione collettiva al progetto in modo da recuperare attivamente fattori latenti di interesse e componenti inesprese di valore, dall'altro la necessità di governare un processo, quello del design, complesso e destinato prima di tutto a capitalizzare ogni informazione, verso la realizzazione di prodotti, in un quadro organico di collezione e di concreta fattibilità.

Nella fase di pianificazione del workshop inoltre è stato scelto di interagire con il *Centre de Formation et de Qualification dans les Métiers de l'Artisanat*, certi che, attraverso il supporto conoscitivo tecnico, di chi abitualmente trasforma i materiali in prodotto costruendo valore, il team degli artigiani avrebbe potuto "cappare" segnali di provenienza locale, oltre la normale dialettica progettuale con e tra gli studenti/designer, e tradurli immediatamente in azioni operative per la realizzazione di prototipi e maquettes, senza necessità ulteriore di manipolazione, di rielaborazione, di involontaria trasfigurazione.

La fase operativa del workshop è stata avviata attraverso una preliminare visita conoscitiva al centro di formazione artigianale, durante la quale studenti, coordinatori e docenti hanno co-



Fig. 2

nosciuto aspetti della produzione materiale e selezionato quelle lavorazioni ritenute più idonee per lo sviluppo dei prodotti. Al termine della visita sono stati scelti giovani apprendisti in numero di due per settore di produzione (cuoio, legno, metallo, ceramica, vetro); questi sono quindi stati introdotti nel team di progettazione attraverso l'affiancamento a ciascun gruppo, in modo da inserire un contributo tecnico da un lato e di autentico trasferimento informativo dall'altro.

Ciascun studente ha operato attraverso la raccolta di dati sul campo: video, fotografie, disegni, rilievi e interviste nel tentativo di catturare un ritratto identitario fedele alla natura dei luoghi, anche al di là di una connotazione spaziale attuale, ormai compromessa. Parallelamente è stato chiesto a persone esterne casualmente confluite sul luogo di fornire un contributo personale alla lettura dello spazio: ancora video, foto, disegni e messaggi, condivisi attraverso una delle piattaforme digitali di messaggistica mobile. Al termine i dati sono confluiti tutti all'interno di un'unica *moodboard* di analisi, in cui informazioni "autorevoli" (raccolte dai ricercatori) e i dati "ingenui" (provenienti da abitanti, passanti, turisti, ecc...) hanno restituito una proiezione "aumentata" del luogo, da cui ha preso vita il progetto.

La descrizione aumentata corrisponde ad una narrazione articolata in cui codici linguistici diversi (alto-basso, colto-barbaro, scientifico-empirico) si mescolano nella restituzione di un panorama variamente aderente alla realtà, che contempla aspetti invisibili alla ricerca tradizionale, inespresi dalla base di utenza, sedimentari, talvolta celati da sovrastrutture contaminanti. Da questa immagine sono nati progetti di arredo urbano per lo più, in cui attraverso il design di prodotto si conviene alla caratterizzazione significativa (*meaningful*) della piazza o della strada e alla valorizzazione di una componente geografica locale e contemporaneamente di quel patrimonio conoscitivo che decanta nel sapere artigianale di un paese come il Marocco. Il processo sperimentale è stato testimoniato attraverso la raccolta di numerose soluzioni progettuali e di manufatti artigianali in cuoio, legno, metallo, ceramica e vetro, destinati al circuito commerciale dei souvenirs di Fez, dunque alla diffusione conoscitiva ulteriore verso un pubblico (artigiani, commercianti, turisti e acquirenti) più ampio di quello direttamente coinvolto all'inizio.

Conclusioni dal workshop

In modo empirico possiamo sottolineare due fattori principali che emergono dal progetto presentato e che sono ancora in grado di orientare e implementare esperienze simili in futuro.

In primis si conferma e si evidenzia il ruolo di coordinamento del design, durante tutto il processo progettuale, orientato a guidarne lo svolgimento, prima ancora che i risultati formali definitivi. Se apparentemente sempre più spesso il primato decisionale del progettista sembra oggi minato alla base dalla diffusione di esperienze partecipate di design, oltre che dalla sua sempre più marcata intima connotazione multi e trans-disciplinare, l'esperienza condotta dimostra come al contrario il contributo sia solo variamente declinato e modulato nei vari momenti del progetto: di pianificazione metodologica all'inizio, di programmazione nella raccolta dei dati, di ascolto sensibile e *open-minded* nelle dinamiche relazionali, di indirizzo primario e di rielaborazione durante l'ultima conclusiva fase di sviluppo del progetto, come attivatore/facilitatore in ciascuno dei frangenti citati.

In secondo luogo, l'esperienza di collaborazione con giovani leve del mondo artigianale, inserite in questo caso dentro una filiera di formazione tecnica dedicata, ha evidenziato una inattesa e straordinaria capacità di lettura e comprensione dei suggerimenti del design, confermando la naturale prossimità discipli-

nare tra artigianato e Design, che alcuni autori riconoscono nel *Thinking*. La parola, che non conosce una traduzione letterale precisa in italiano, è frutto della crasi tra altri due termini distinti, ovvero: *thinking*, pensare, e *tinkering*, che potremmo tradurre come armeggiare o fare qualcosa con le mani. Nelle parole di Stefano Miceli *Thinking* significa pensare facendo le cose o, ancora meglio, riflettere su quanto si è fatto per fare cose nuove (Miceli, 2016). Questa capacità autodeterminante trova nel mondo della produzione contemporanea illustri paragoni ad esempio nella pratica di autori come Max Lamb, Thomas Alonso e Martino Gamper, formati direttamente nelle scuole di Design.

Attraverso l'analisi comparativa delle condizioni al contorno, che caratterizzano l'esercizio professionale del design e dell'artigianato ieri ed oggi, possiamo sostenere che la formazione teorica ed esperienziale tradizionalmente ampia del designer professionista (un tempo proiettato molto in avanti rispetto alla formazione "da bottega" dell'artigiano, ancorata saldamente ad un *know-how* prevalentemente ereditario e scarsamente dinamico), oggi sia divenuta conquista non più esclusiva anche dell'artigiano. Quest'ultimo in particolare ha guadagnato, grazie alla rapidità con cui le nuove tecnologie della produzione si sono rese disponibili, e soprattutto all'infinita accessibilità conoscitiva e informativa abilitata dalla rete (emancipazione locale), una nuova capacità di visione, che si aggiunge alla tradizionale conoscenza del fare.

«Stiamo passando rapidamente da una cultura della standardizzazione, che la Ford T ha espresso in modo esemplare, a una cultura della varietà, il cui emblema è la stampante 3D» (Miceli, 2016), tutto questo è straordinariamente evidente in rete e accessibile attraverso un banale smartphone, da qualsiasi luogo della terra.

References

- Celaschi, F. (2017), *Non Industrial design*, Luca Sossella Editore, Bologna, IT.
- Di Lucchio, L. and Giambattista, A. (2018), *Design & Challenges, Riflessioni sulle sfide contemporanee del Design*, LISt Lab, Barcelona, ESP.
- Khanna, A. and Khanna, P. (2013), *L'età ibrida. Il potere della tecnologia nella competizione globale*, Codice Edizioni, Torino, IT.
- Latour, B. (2005), *Reassembling the social*, Oxford University Press, New York City, NY.
- Levy, P. (2002), *L'intelligenza collettiva*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Manzini, E. (2015), *Design when everybody designs*, The MIT Press, London, UK.
- Micelli, S. (2016), *Fare è innovare. Il nuovo lavoro artigiano*, il Mulino, Bologna, IT.
- Sanders, E. and Stappers P.J. (2008), "Co-creation and the new landscape of design", in Vosinakis, S., Koutsabasis, P., Stavrakis, M., Viorres, N. and Darzentas, J. (ed.), *Co-design. International journal of co-creation in design and the arts*, Taylor & Francis, Oxfordshire, UK, pp. 311-356.

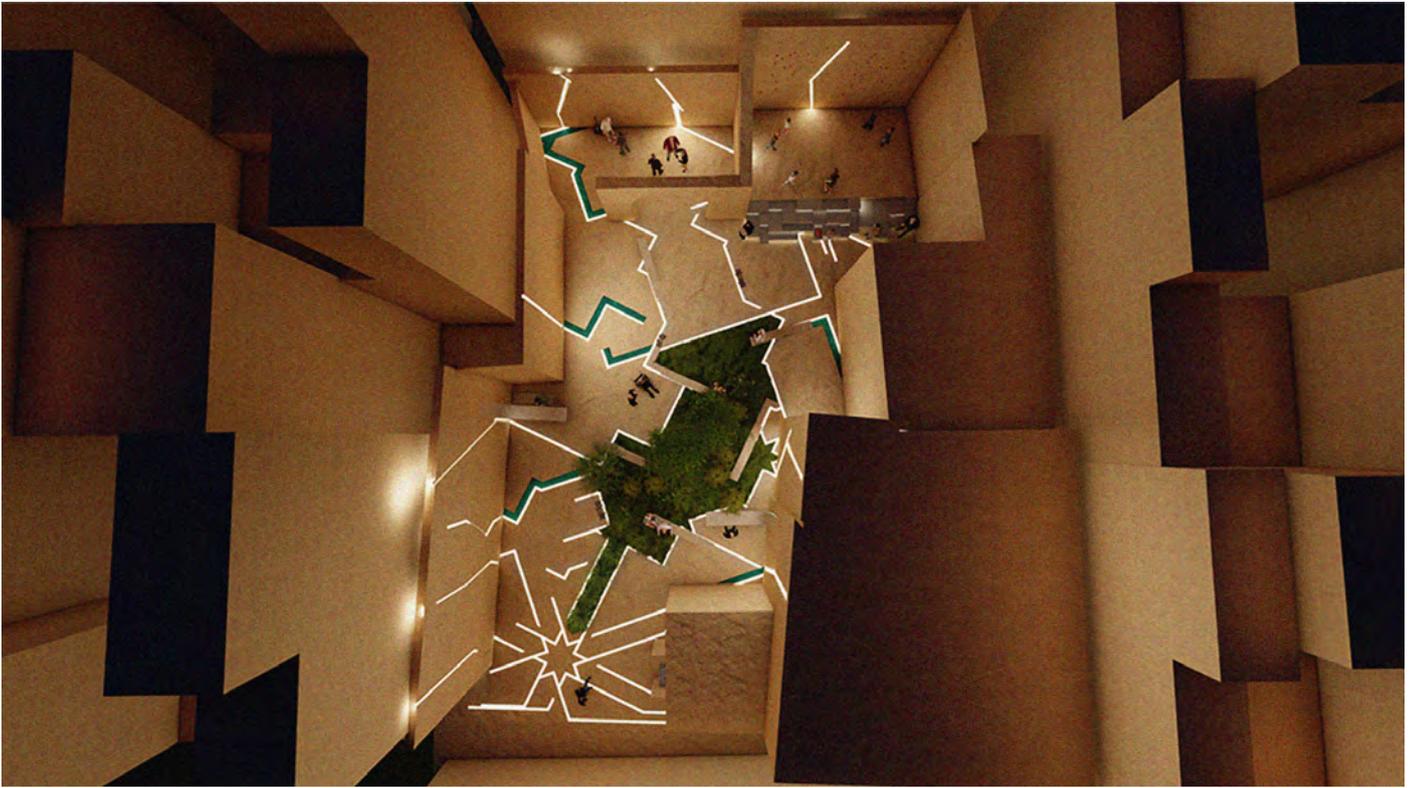


Fig. 3

Fig. 1 - Studenti e giovani designer collaborano alla realizzazione delle *maquette* dei prodotti progettati durante il workshop partecipato.

Fig. 2 - Diverse fasi di realizzazione del prodotto artigianale (formella in legno di cedro intagliato).

Fig. 3 - Una delle soluzioni progettuali elaborate. *Rendering* dell'area di progetto, con inserimento di alcuni degli oggetti progettati nel workshop.

1.b

METODOLOGIA E STRUMENTI PER UNA VALUTAZIONE DEI FLUSSI DI MATERIA E DI ENERGIA A SCALA MICRO-URBANA

Matteo Trane¹

Abstract

L'articolo ha l'obiettivo di fornire una metodologia per lo studio del metabolismo urbano alla scala del quartiere, suddividendo i flussi di materia e di energia in tre livelli (flussi locali, regionali, globali) e adottando un approccio multiscale. Considerata la difficoltà di reperimento dei dati relativi ai flussi in un sistema micro-urbano – ritenendo non significativi quelli provenienti dalle statistiche presenti a livello regionale o nazionale in un'ottica di pianificazione sostenibile “site-specific” –, determinante è il ruolo ricoperto dalle ICT in una prospettiva di Smart city.

Keywords: Urban metabolism, Material flow analysis, Smart city, ICT, Smart urban metabolism

¹ DAD - Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, matteo.trane@polito.it

Introduzione

Si stima che nel 2050 gli abitanti del pianeta sfioreranno i 9,7 miliardi; di questi, quasi il 70% vivrà in aree urbane (United Nations, 2019). In un contesto in cui le città assumeranno sempre più frequentemente i connotati delle “megapoli”, appare dunque evidente come la pianificazione del loro sviluppo risulti strategica nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità. Se, da un lato, vi è la necessità di regolamentare le modalità di espansione dell'edificato, dall'altro, l'introduzione dei caratteri legati alla flessibilità e alla resilienza nelle pratiche di rigenerazione urbana, in un quadro di forte cambiamento climatico globale, dovrà condurre ad un adeguamento strutturale delle città, stante l'incremento crescente dei flussi di materia e di energia in ingresso e in uscita dai sistemi urbani.

Definito come la somma di processi tecnici e socio-economici che si manifestano nelle città, espressi in termini di crescita, produzione di energia ed eliminazione dei rifiuti (Kennedy et al., 2007), il metabolismo urbano rappresenta uno strumento – concettuale e operativo – di quantificazione dei flussi di materia e di energia in un'area geografica, orientato alla conoscenza e al governo delle attività antropiche. In quest'ottica, l'*Urban Metabolism* (UM) assimila la città ad un “organismo” che, in funzione del numero dei propri abitanti, dei loro consumi e stili di vita, della sua posizione geografica e del contesto socio-economico e normativo all'interno del quale si colloca, esercita sull'ambiente una pressione continua.

Da un'approfondita e recente analisi della letteratura (Zhang et al., 2015), risulta evidente come, a partire dal 2000, gli studi sull'UM abbiano fatto registrare progressi notevoli, concentrando parte degli sforzi nel tentativo di fornire una metodologia di ricerca valida anche in contesti eterogenei.

Obiettivi

Emerge dalla letteratura come gli studiosi abbiano condotto studi metabolici adottando sovente un approccio a macro-scala (urbana o regionale), partendo dalla consultazione di dati statistici raccolti in serie temporale. In alternativa, potrebbe invece risultare strategico partire dall'analisi alla scala micro-urbana (quindi, del quartiere), per arrivare a comprendere quali strategie possano essere adottate (quindi, “scalate”) a livello urbano. La progettazione sostenibile dei quartieri è, di fatto, destinata

ad avere un risvolto positivo a scala urbana (Codoban e Kennedy, 2008) ed è proprio alla scala del quartiere che si possono esprimere modelli di uso del sistema urbano e residenziale più o meno virtuosi da un punto di vista ambientale.

L'obiettivo di questo articolo è, dunque, quello di proporre strumenti per un approccio allo studio del metabolismo di un quartiere, sistematizzando gli indicatori da considerare. Il metodo proposto, inquadrato in una fase preliminare di ricerca finalizzata alla costruzione di una metodologia a supporto di successive investigazioni, assume il “quartiere” come “cellula base” dell'organismo urbano, al fine di indagare le possibili relazioni esistenti tra il contesto micro-urbano e i flussi presenti a scala regionale e globale.

ICT e Smart Urban Metabolism

Tra le maggiori criticità riscontrate nell'ambito degli studi sull'UM, la difficoltà di reperimento di dati significativi per l'ambito considerato costituisce l'ostacolo principale alla conoscenza piena dei fenomeni (Tab. 1). Pertanto, le ricerche già condotte hanno considerato, laddove presenti, i dati forniti dalle statistiche regionali o nazionali, “scalate” rispetto all'area di studio. Questa operazione porterebbe, però, ad una comprensione solo parziale dei fenomeni indagati, a partire da basi dati non significative rispetto alla necessità di pianificazione urbana *site-specific*. La definizione di un ruolo attivo delle tecnologie nella valutazione dei flussi di materia e di energia del sistema micro-urbano ha portato all'elaborazione del concetto di *Smart Urban Metabolism* (SUM) (Shahrokni et al., 2015), evidenziando come le ricerche future non potranno prescindere dall'integrazione delle ICT (*Information and Communication Technology*) in ambiente *smart city*.

In questo scenario, reso possibile solo grazie al supporto di un'infrastruttura integrata all'interno del sistema urbano, sarebbe possibile monitorare i flussi in tempo reale e accedere all'informazione prodotta dai fenomeni considerati. Il fine ultimo di questa indagine è quello di elaborare politiche urbane di sviluppo sostenibile basate sulla conoscenza acquisita dei fenomeni che investono il sistema considerato, come conseguenza dell'interpretazione dei dati raccolti al livello dell'edificio e aggregati poi per quartieri o città.

L'implementazione delle tecnologie menzionate nell'ambiente costruito rappresenterebbe dunque l'elemento di rottura

Rosado et al., 2014	Shahrokni et al., 2015
Mancanza di metodologia uniforme	Mancanza di dati alla scala urbana
Mancanza di dati	Necessità di una grande quantità di dati e risorse dovuta all'approccio sistemico dello UM
Mancata disaggregazione delle componenti della materia	Necessità di condurre studi <i>follow-up</i> per la costruzione di dati in serie temporale
Conoscenza limitata dell'origine e della destinazione dei flussi	Difficoltà di identificare le relazioni tra cause ed effetti a livello socio-economico e politico
Conoscenza limitata dei consumi per attività economica	
Conoscenza limitata delle dinamiche negli stock di materia	
Conoscenza limitata dei flussi che attraversano la città con altre destinazioni	

Tab. 1

rispetto agli studi condotti in passato sulla base di dati statistici o di stime ricavate dalla letteratura.

Metodologia

Nelle due principali ricerche presenti in letteratura condotte applicando lo strumento dello UM alla scala micro-urbana, è stato adottato un approccio differente. Nel primo caso (Shahrokni et al., 2015), i flussi attivi nel quartiere di nuova costruzione *Royal Seaport* di Stoccolma, Svezia sono stati identificati come:

- *local flows* (consumi di energia, acqua e carburante per il trasporto, materia ed energia per la produzione di beni e servizi, per la costruzione e la manutenzione degli edifici, produzione di rifiuti);
- *regional flows* (produzione di energia, gestione dei rifiuti e rete di approvvigionamento idrico);
- *global flows* (estrazione di materie prime necessarie alla produzione di beni, servizi e alimenti, trasporto di beni).

Nel secondo caso (Kellet et al., 2013), la sostenibilità del metabolismo di un quartiere di Vancouver, Canada viene valutata in termini di emissioni di carbonio (espresse in unità di massa di carbonio per unità di tempo). La classificazione degli *input* è riconducibile a quattro settori del sistema urbano: *buildings, transportation, humans (food and waste), vegetation and soils*.

La metodologia proposta integra l'approccio che prevede la suddivisione dei flussi su scale differenti con l'individuazione del loro ambito di riferimento all'interno di confini sistemici definiti (Tab. 2). Per ogni ambito, le variabili proposte descrivono i flussi e gli stock di materia ed energia da considerare nell'anno preso in esame.

I flussi metabolici vengono classificati in tre livelli (locale, regionale, globale). A livello locale, vengono individuati cinque ambiti, intesi come "metabolismi parziali" interessati da una parte dei flussi che investono la città e, in quanto tali, in stretta relazione tra di loro. Gli ambiti individuati riguardano:

- infrastruttura e trasporti (all'interno del quale vengono considerati i flussi relativi al trasporto pubblico e privato di persone e beni);
- ambiente costruito (flussi relativi al fabbisogno energetico degli edifici e dalla produzione di rifiuti derivanti da opere di manutenzione);
- ambiente umano (flussi relativi al consumo di cibo e beni necessari al sostentamento dell'individuo);
- ambiente vegetale e suolo (flussi relativi alla produzione di rifiuti da sfalcio, all'azione di fotosintesi di alberi e piante e all'emissione di sostanze inquinanti dal suolo);
- produzione (di energia, beni e servizi).

A livello regionale, gli ambiti individuati riguardano in aggiunta:

- gestione (dei rifiuti prodotti ai vari ambiti locali, del sistema di distribuzione energetica e idrica).

A livello globale, gli ambiti individuati riguardano in aggiunta:

LIVELLO	AMBITO	ACTIVITY BOUNDARIES	VARIABILI	Unità di Misura	
LOCAL FLOWS	Infrastruttura e trasporti	Carburante per il trasporto pubblico, privato e di beni	Benzina	l	
			Gasolio	l	
			Energia elettrica	kWh	
			Gas naturale	kg	
	Ambiente costruito	Consumo energetico termico	Carbone	kg	
			Gasolio	l	
			Gas metano	kg	
			Legna	kg	
			Energia geotermica	J	
			Tele riscaldamento	kg	
			Solate termico (solar panels)	m ²	
			Consumo energetico frigorifero	Energia elettrica	kWh
	Energia fotovoltaica (PV panels)	m ²			
Ambiente umano	Consumo energetico elettrico per l'illuminazione degli edifici e dello spazio pubblico e per l'utilizzo delle apparecchiature domestiche	Energia elettrica	kWh		
		Energia fotovoltaica (PV panels)	m ²		
		Attività di manutenzione ordinaria e straordinaria all'interno degli alloggi	Rifiuti da D&C	kg	
		Consumo di alimenti e beni necessari al sostentamento e al soddisfacimento dei bisogni umani, produzione di rifiuti	Acqua	l	
			Alimenti	kg	
			Beni acquistati	pz	
			FORSU	kg	
			Carta	kg	
			Plastica	kg	
			Metalli	kg	
Vetro	kg				
Rifiuti non recuperabili	kg				
Ambiente vegetale e suolo	Attività di fotosintesi degli alberi, sostanze inquinanti da parte del suolo	Prelievo di CO ₂	kg		
		Emissione di sostanze inquinanti	kg		
Produzione	Consumo di risorse per la produzione di energia e beni e accesso ai servizi	Rifiuti da sfalcio	kg		
		Produzione energetica	J		
		Produzione di beni	pz		
REGIONAL FLOWS	Infrastruttura e trasporti	Carburante per il trasporto pubblico, privato e di beni	Benzina	l	
			Gasolio	l	
			Energia elettrica	kWh	
			Gas naturale	kg	
	Produzione	Consumo di risorse per la produzione regionale di energia e di beni e accesso ai servizi	Produzione energetica	J	
			Produzione di beni	pz	
			Servizi	variabile	
	Gestione	Consumo di risorse per la gestione e la distribuzione regionale di energia, beni e servizi	Distribuzione energetica	km	
			Distribuzione idrica	km	
			Smaltimento dei rifiuti	kg	
	GLOBAL FLOWS	Infrastruttura e trasporti	Carburante per il trasporto privato e di beni, compresi trasporti navali e aerei	Benzina	l
				Gasolio	l
Energia elettrica				kWh	
Gas naturale				kg	
Produzione		Consumo di risorse per la produzione regionale di energia, beni e servizi	Produzione energetica	J	
			Produzione di beni	pz	
			Estrazione mineraria	kg	
Gestione		Consumo di risorse per la gestione e la distribuzione nazionale o globale di energia e di beni	Servizi	variabile	
			Distribuzione energetica	km	
			Smaltimento dei rifiuti	kg	

Tab. 2

- infrastruttura e trasporti (flussi relativi al trasporto aereo e navale di persone, cibo e beni);
- produzione (flussi relativi alla produzione globale di energia e servizi e all'estrazione delle materie prime);
- gestione (dell'energia e dei rifiuti prodotti alle varie scale).

Gli output di questo sistema possono essere ulteriormente intesi come "flussi verticali", responsabili delle emissioni (e del prelievo, nei processi di fotosintesi) di gas serra (con particolare riferimento all'anidride carbonica CO₂) e particolato PM 2,5-10 in atmosfera, e "flussi laterali", responsabili della produzione dei rifiuti. Il confine tra gli ambiti proposti è da intendersi come quadro di riferimento generale, da "snellire" in relazione all'approccio adottato (ad esempio, la metodologia del *Life-Cycle Assessment* include per definizione il calcolo del consumo delle risorse e delle emissioni inquinanti dovute alla produzione e al trasporto di un bene).

Conclusioni

La resistenza della città al cambiamento può essere superata mediante una conoscenza *multilayer* dell'habitat urbano (Gualtari, 2015), al fine di sviluppare modelli di consumo delle risorse alternativi e rendere la comunicazione tra i *layer* immediata.

Partendo dall'integrazione degli approcci adottati in letteratura alla scala micro-urbana, l'articolo fornisce una metodologia per la costituzione di un *framework* concettuale di ricerca, all'interno del quale condurre future sperimentazioni. Il passo successivo rispetto alla raccolta dei dati significativi già reperibili potrebbe riguardare le possibilità di integrazione nell'ambiente costruito delle strumentazioni tecnologiche più appropriate ai

fini del monitoraggio dei fenomeni elencati, con l'obiettivo di predisporre una piattaforma per l'elaborazione e la consultazione *open-access* dei dati. Ad oggi, infatti, uno dei *gap* da colmare rispetto al monitoraggio dei flussi riguarda la mancanza di una piattaforma comune, preziosa ai fini del coinvolgimento di cittadini, *stakeholder*, *utility* e *policy maker*, in ottica di una più virtuosa ed efficiente gestione delle risorse.

Un ruolo decisivo sarà svolto, in tal senso, dalle *enabling technology*, intese, da un lato, come infrastruttura informatica integrata e diffusa; dall'altro, come *low technology* abilitanti il paradigma dell'*Internet of Things*, in grado di fornire una conoscenza in tempo reale dei fenomeni attivi. In quest'ambito, diverse sono le sperimentazioni condotte nel campo dello *smart waste management*, inteso come caratterizzazione e quantificazione dei rifiuti attraverso la presenza capillare di tecnologie a basso costo quali, ad esempio, tag RFID (Radio-Frequency Identification) ed antenne Wi-fi, ai fini dell'ottimizzazione delle pratiche di raccolta, gestione e recupero dei rifiuti (Esmaeilian et al., 2018).

Si dovrà quindi costruire un modello che eviti di considerare i flussi monitorati due o più volte. A tal fine, la conversione dei dati raccolti in un'unica unità di misura – o attraverso più *Key Performance Indicator* (KPI) – faciliterebbe l'interpretazione delle informazioni, a partire dalla definizione dei limiti nel ciclo di vita dei processi e dei prodotti considerati.

L'adozione di un approccio legato al concetto di SUM consentirebbe la creazione di un modello *digital twin* finalizzato alla conoscenza dei fenomeni attivi nel sistema urbano, intervenendo, in seguito, sulle diverse "filieri" coinvolte. Il progetto della città, in altre parole, potrà essere supportato da una comprensione profonda delle dinamiche (di natura sociale, culturale, economica, climatica) in atto, ottenuta anche mediante strumenti di *smart metering* del metabolismo urbano.

References

- Codoban, N. and Kennedy, C. A. (2008), "Metabolism of Neighborhoods", *Journal of urban planning and development*, vol. 134, pp. 21-31.
- Esmaeilian, B., Wang, B., Kemper, L., Duarte, F., Ratti, C. and Behdad, S. (2018), "The future of waste management in smart and sustainable cities: a review and concept paper", *Waste Management*, vol. 81, pp. 177-195.
- Guallart, V. (2015), "From Urban planning to Urban Habitat", *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 24-27.
- Kellet, R., Christen, A., Coops, N., Van der Laan, M., Crawfords, B., Tooke, T.R. and Olchovski, I. (2013), "A system approach to carbon cycling and emissions modeling at an urban neighborhood scale", *Landscape and Urban Planning*, vol. 110, pp. 48-58.
- Kennedy, C.A., Cuddihy, J. and Engel, Y. J. (2007), "The changing metabolism of cities", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, pp. 43-59.
- Rosado, L., Niza, S. and Ferrão, P. (2014), "A material flow accounting case study of the Lisbon Metropolitan Area using the Urban Metabolism Analyst Model", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 18, pp. 84-101.
- Shahrokni, H., Lazarevic, D. and Brandt, N. (2015), "Smart Urban Metabolism: towards a real-time understanding of the energy and material flows of a city and its citizens", *Journal of Urban Technology*, vol. 22, pp. 65-86.
- Zhang, Y., Yang, Z. and Yu, X. (2015), "Urban metabolism: a review of current knowledge and directions for future study", *Environmental Science & Technology*, vol. 49, pp. 11247-63.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019), *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, United Nations, New York

Tab. 1 - Criticità riscontrate in letteratura nell'applicazione dello UM a scala urbana e micro-urbana.

Tab. 2 - Metodologia proposta per l'applicazione dello UM a scala micro-urbana.

TECNOLOGIE DI INTERMEDIAZIONE COGNITIVA PER IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE

Daniele Fanzini¹, Cristiana Achille², Gianpiero Venturini³, Cinzia Tommasi⁴

Abstract

Il contributo affronta il tema dell'utilizzo delle tecnologie digitali per connettere la fisicità del patrimonio culturale alle componenti sociali per una sua "valorizzazione generativa". Le tecnologie digitali offrono la possibilità di raggiungere bacini di interlocuzione ampi e variegati e abilitare soluzioni progettuali che favoriscano l'effettiva "sostenibilità integrata" del patrimonio. Il contributo restituisce gli esiti di due indagini che interpretano il rapporto tra tecnologie digitali e cultura da due diversi punti di vista: il progetto per la cultura e la cultura del progetto.

Keywords: Patrimonio culturale, Riattivazione urbana, Strumenti digitali, Comunicazione, Partecipazione, Accessibilità

¹ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, daniele.fanzini@polimi.it

² DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, cristiana.achille@polimi.it

³ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, gianpiero.venturini@polimi.it

⁴ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, cinzia.tommasi@polimi.it

Introduzione

Il patrimonio culturale è stato per lungo tempo assente dal dibattito sullo sviluppo sostenibile a dispetto della sua riconosciuta importanza sociale e ambientale. Gran parte dei luoghi protetti, infatti, devono il loro valore alle dinamiche di relazione e adattamento co-evolutivo tra uomo e ambiente, che producono diversità e unicità biologiche e culturali¹. In questa logica il Consiglio dei Ministri dell'UE nel 2014 ha riconosciuto il patrimonio culturale come una risorsa strategica per l'Europa sostenibile, e un anno più tardi l'ONU ha inserito la tutela e la salvaguardia del patrimonio tra gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile 2030.

Nell'agenda ONU 2030 la parola cultura è usata sia in senso denotativo, per qualificare il patrimonio artistico e architettonico e paesaggistico, sia in senso connotativo, per significare il particolare ruolo che la conoscenza assume nel rafforzare l'identità ed il senso di appartenenza di un popolo². In questo senso la cultura (anche quella progettuale) diviene un importante viatico per promuovere crescita economica e sviluppo sostenibile se opportunamente alimentata dalla cura delle persone. Già oggi in Europa l'effetto moltiplicatore dell'investimento in attività culturali è pari all'1,8% e diventa del 2,67% se si considerano anche le ricadute nei settori del turismo e dell'edilizia³. Ma per alimentare questo processo virtuoso di estrazione di ricchezza dalla cultura occorre una continua iniezione di creatività.

Montanari (Montanari, 2018) osserva che in passato la creatività è sempre stata interpretata come una attività romantica, svolta da menti geniali abituate a lavorare sole. Questa visione è oggi messa in discussione da un crescente numero di studiosi, che concepiscono la creatività come processo sociale nel quale le relazioni costituiscono una componente imprescindibile. Questo vale anche e soprattutto per il patrimonio culturale diffuso e minore, spesso abbandonato, che non incontra l'interesse dei grandi operatori pubblici e privati, ma che può rappresentare una grossa opportunità per chi vi vive accanto, in particolare per i giovani, che utilizzando le più moderne tecnologie digitali sono

in grado di riattivarlo e valorizzarlo producendo innovazione.

Creatività, Cultura, progetto e mondo digitale

Nei processi creativi di riattivazione e valorizzazione del patrimonio culturale i tradizionali steccati tra pubblico e privato, committenti e utenti, finanziatori ed esecutori, sapere esperto e non esperto si fondono in percorsi di condivisione. L'Unione Europea favorisce tali percorsi sostenendo comportamenti pre-attivi (anticipare i cambiamenti prevedibili per trarne vantaggio) e pro-attivi (causare i cambiamenti voluti) delle istituzioni, nonché di cittadini, associazioni ed imprese⁴. L'uso di tecnologie digitali amplifica l'impatto di tali comportamenti, tanto nell'ordinaria, quanto nella straordinaria amministrazione:

1. ampliando la partecipazione e l'attivazione dei cittadini;
2. mappando le risorse disponibili presenti sul territorio;
3. abilitando ampi processi di collaborazione creativa.

Nella prima categoria rientrano gli strumenti a supporto della definizione di politiche ed azioni integrate per il patrimonio culturale ed il territorio, per esempio la possibilità di utilizzare i social network per monitorare e migliorare la qualità dell'offerta fruitiva e turistica. Fanno parte della seconda categoria le iniziative volte a costruire un miglior rapporto con i cittadini, conoscere i loro problemi reali, le loro aspettative, ma anche la loro disponibilità a collaborare e mettersi in gioco. Appartengono alla terza categoria le azioni volte ad acquisire strumenti per l'analisi della realtà, l'anticipazione di problemi ed il supporto alle decisioni, lo sviluppo di iniziative di co-design, anche al fine di perfezionare in itinere progetti ed azioni. In tutti i casi l'aumento del coinvolgimento inteso come co-responsabilità è premessa indispensabile per l'efficacia delle politiche e delle azioni pianificate. L'uso di tecnologie *bottom-up* favorisce l'aumento del coinvolgimento garantendo una maggiore democrazia progettuale.

Diversi autori confidano nelle opportunità offerte dalle nuove

¹ UNESCO (2015), Policy Document for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention as adopted by the General Assembly of States Parties to the World Heritage Convention at its 20th session.

² Agenda ONU 2030 - Obiettivo 4.7 SDG 2030: Garantire entro il 2030 che tutti i discenti acquisiscano la conoscenza e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, anche tramite un'educazione volta ad uno sviluppo e uno stile di vita sostenibile, ai diritti umani, alla parità di genere, alla promozione di una cultura pacifica e non violenta, alla cittadinanza globale e alla valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile.

³ Unioncamere - Fondazione Symbola, "Io sono cultura", Rapporto 2018

⁴ European Commission (2018), Participatory governance of cultural heritage, Report of OMC Working Group of members states experts.

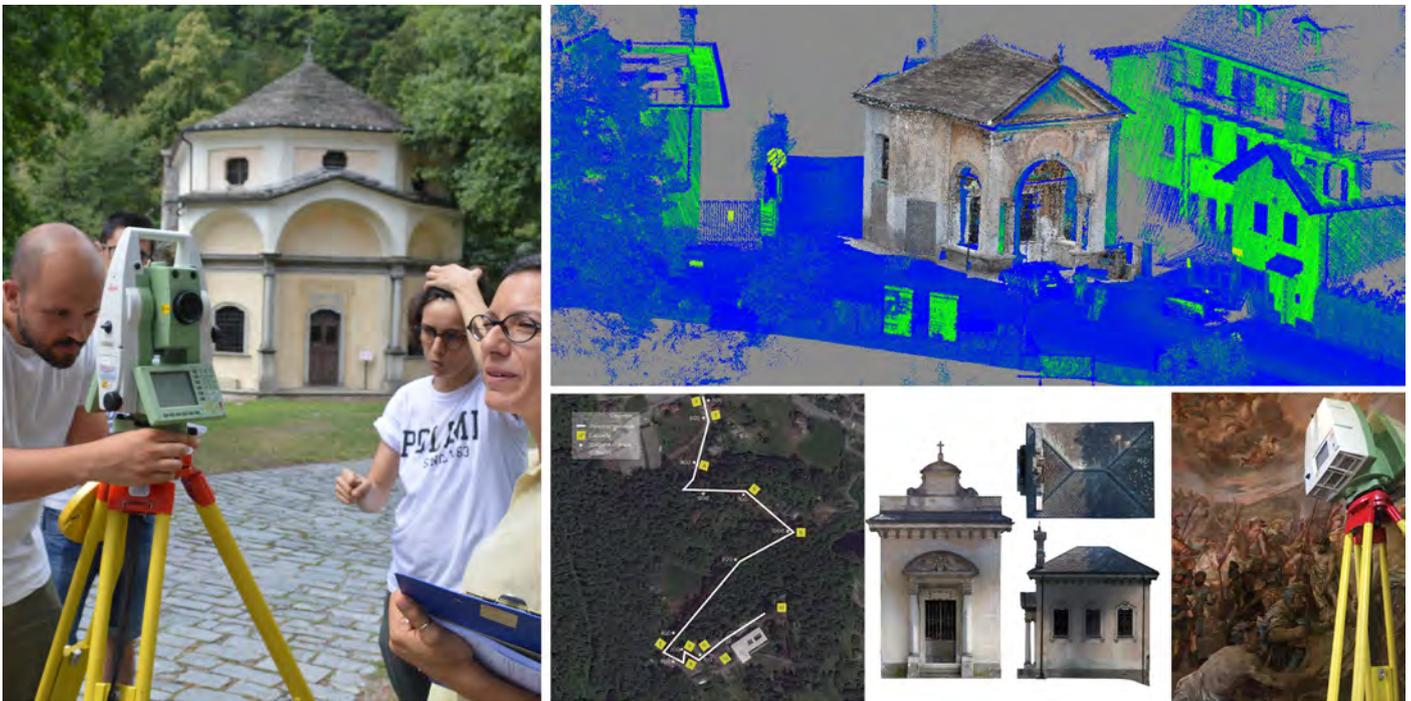


Fig. 1

tecnologie, senza tuttavia sottovalutare i rischi connessi alla perdita del controllo dovuto ad un loro uso eccessivo e sregolato. Per scongiurare tale rischio Manzini (2018) ritiene necessario «un mix di strutture sociali e fisiche mediato da servizi quali arene fisico/virtuali dove i cittadini decidono e dove i beni comuni diventano oggetto di interazione controllata e mediata dal pubblico». Tali arene fisico virtuali possono svolgere un importante ruolo di mediazione cognitiva nei processi complessi di valorizzazione del patrimonio culturale, permettendo il coinvolgimento responsabile e la capacitazione dei soggetti.

Nel campo della “Network Theory” alcune evidenze sui “cognitive networks” dimostrano quanto sia importante che gli attori abbiano una chiara rappresentazione delle strutture relazionali che possono influenzare i propri comportamenti (Russo Ermolli, 2020) a partire dal modo in cui i beni possano costituire opportunità per sé e la propria comunità di appartenenza (Fanzini et al., 2018) utilizzano la locuzione “space-feeling-action” per rappresentare il legame tra la fisicità dei luoghi, il sentire comune ed il modo in cui la loro combinazione possa produrre comunanza e condivisione di intenti. Un sentire comune, che grazie alla mediazione di una progettazione consapevole ed esperta, e l’uso di tecnologie digitali di condivisione, può rapportarsi a quadri sinottici più complessi di natura culturale, politica e fenomenologica per garantire il rispetto degli interessi pubblici e del bene comune (Schiaffonati, 2016).

Le tecnologie digitali offrono grandi opportunità per plasmare processi progettuali generativi facilmente accessibili sia per coloro che, da non esperti, intendano impegnarsi nel processo di progettazione, sia per coloro che, da esperti, intendano interloquire con il sapere non esperto per supportare la raccolta di informazioni rilevanti sul progetto, la generazione di impulsi iniziali e la discussione di proposizioni nella fase di progettazione (Jannack, 2015).

Il seguito della trattazione restituisce gli esiti di due indagini sull’utilizzo delle tecnologie digitali nel campo della valorizzazione del patrimonio culturale e della pratica del progetto. La prima analizza gli strumenti digitali a supporto della progettazione culturale basata sulla connettività creativa e partecipata, mentre la seconda gli strumenti digitali che amplificano la re-

lazione degli attori progettuali. L’applicazione delle due tipologie di strumenti consentono connessioni multidimensionali e interagenti tra il patrimonio, gli interlocutori e i progettisti che delineano approcci generativi al progetto della valorizzazione e più in generale dell’intervento di trasformazione dell’ambiente costruito.

Progetto per la cultura: strumenti digitali per la valorizzazione

Fino ad una decina di anni orsono la “digitalizzazione” dei Beni Culturali corrispondeva, di fatto, ad un’attività di semplice documentazione e/o catalogazione. Le tecnologie di cui oggi disponiamo offrono nuove e interessanti opportunità in diversi campi di applicazione: la digitalizzazione permette la visita di un museo, di una collezione o di un sito archeologico direttamente dal proprio dispositivo (computer o device mobili); le tecnologie e gli strumenti della realtà aumentata e virtuale permettono di esplorare ambienti e luoghi del presente e del passato, anche perduti, con esperienze immersive e suggestive; la riproduzione di oggetti (stampa 3D) permette forme di fruizione nuove e allarga il bacino di utenti (percorsi rivolti a non vedenti e ipovedenti); le sofisticate indagini di diagnostica non invasiva consentono di esplorare le opere d’arte, fornendo informazioni preziosissime per la loro migliore conservazione e gestione.

Oggi le attività di ricerca sui Beni Culturali mirano a dare risposte concrete, sia per la necessaria e ineludibile fase di documentazione degli stessi, sia per la loro valorizzazione, intesa come dimensione relazionale della conservazione e promozione della sua conoscenza per tutte le categorie di pubblico. Un esempio significativo in questo senso è rappresentato dal progetto di valorizzazione digitale del patrimonio culturale dei Sacri Monti della Lombardia e del Piemonte che l’Ente di Gestione dei Sacri Monti ha promosso e sta sostenendo con il supporto del Politecnico di Milano. I Sacri Monti⁵ nascono come percorsi devozionali e luoghi di preghiera alternativi alla Terra Santa. Questi complessi architettonici conducono il visitatore lungo un ben preciso itinerario scandito da piccoli edifici (cappelle) contenenti statue e dipinti, che simboleggiano precisi momen-

5 <https://www.sacrimonti.org/ultimo> (accessed July 2020).

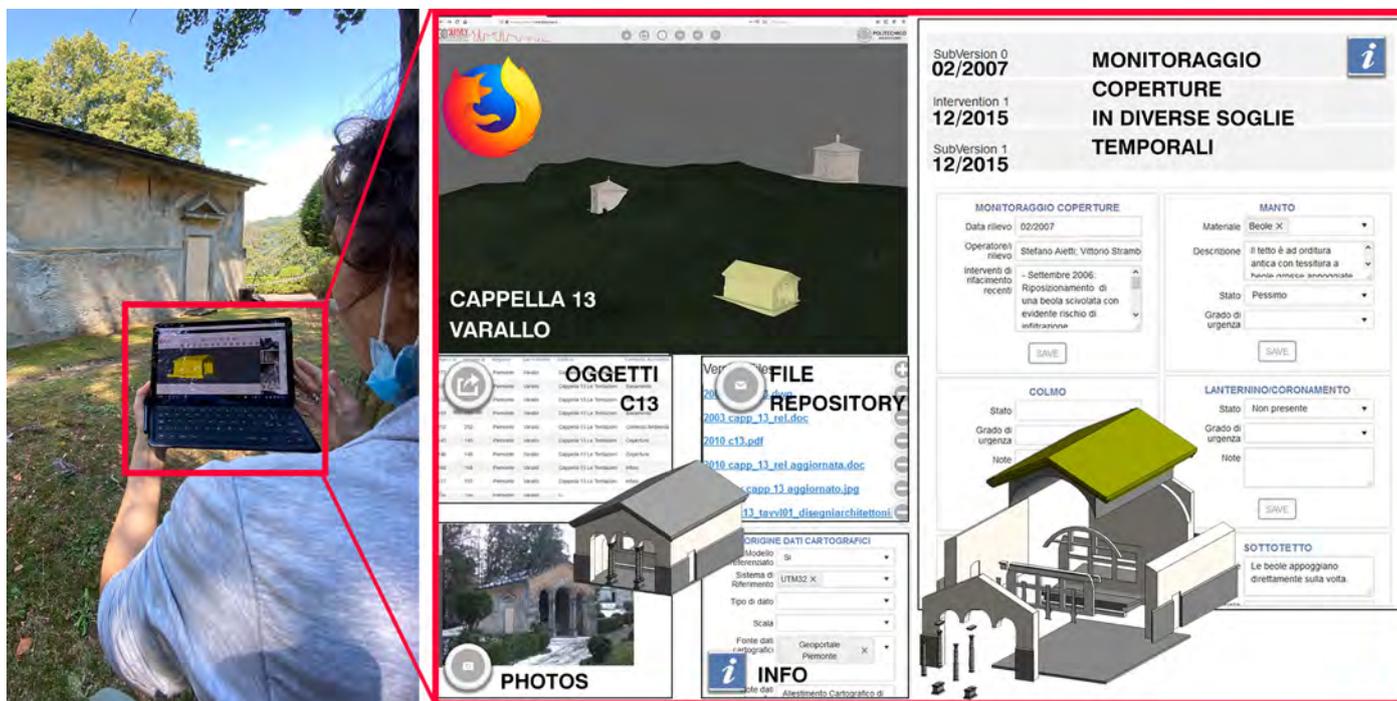


Fig. 2

ti della vita di Cristo. Nel 2003 l'UNESCO⁶ ha iscritto il sito "Sacri Monti del Piemonte e della Lombardia" nella Lista del Patrimonio Mondiale.

I Sacri Monti ben rappresentano la "complessità" delle attività di gestione che devono essere quotidianamente svolte per assicurare la conservazione del patrimonio e la sua fruizione. Per rispondere a queste esigenze è stato creato *ad hoc* un sistema informativo on-line attraverso il seguente programma di lavoro:

- elaborazione dei dati di rilievo esistenti per la costruzione di modelli 3D. Questa fase ha visto l'impiego di dati di rilievo geometrico in formato raster e vettoriale, messi a disposizione dall'Ente di Gestione dei Sacri Monti stesso e dati 3D acquisiti durante le campagne di rilievo laser scanner e fotogrammetriche svoltesi in occasione delle edizioni 2017-18 e 2018-19 della summer school Laboratory of Places⁷, (Fig. 1) (Achille et al., 2018);
- raccolta e sistematizzazione delle informazioni relative alle campagne di monitoraggio svolte dall'Ente. L'analisi dei dati disponibili e delle necessità espresse ha portato alla costruzione di un complesso Data Base;
- messa a punto del Sistema Informativo on-line di consultazione/gestione dei modelli 3D delle cappelle dei Sacri Monti e dei dati relativi alle indagini di ordinaria manutenzione, nel rispetto delle consuetudini e del modus operandi dell'Ente e con attenzione alla scansione temporale delle attività (Tommasi et al., 2019, Tommasi et al., 2020).

La prima parte dell'attività ha riguardato la creazione di modelli 3D, che permettessero la localizzazione dei dati di supporto alle attività conoscitive e di conservazione delle Cappelle stesse svolte dall'Ente di Gestione. Il sistema informativo, che è stato co-creato con l'Ente di gestione, permette di visualizzazione e navigare, i modelli 3D del sito e consultare via web dati e informazioni (Fig. 2).

Potendo accedere ai dati via web, senza la necessità di disporre di software specifici, tutti gli attori coinvolti contribuiscono attivamente alla creazione della banca dati inserendo le informazioni necessarie, attraverso standard di completezza e qualità fissati (Fig. 3).

Questo "patrimonio culturale digitale" è indispensabile sostegno alle attività di conservazione e inoltre rappresenta una fonte di informazioni a supporto delle possibili azioni che possono coinvolgere progettualmente i privati, o supportare iniziative di *crowdfunding* e *fundraising* che possono basarsi, ad esempio, sulla possibilità di conoscere il funzionamento del "cantierino di restauro delle Cappelle" e comprendere così il complesso iter di gestione delle stesse, indispensabile alla loro salvaguardia. Oppure, ancora, la possibilità di creare itinerari virtuali che possono arricchire l'esperienza di visita, grazie alle potenzialità e agli strumenti offerti dalle nuove tecnologie.

Disporre di dati digitali completi e ben strutturati offre innegabili vantaggi a tutti gli attori coinvolti:

- a chi gestisce il Bene Culturale, perché si trova a disporre di tutte le informazioni per una corretta redazione del piano di gestione del bene stesso;
- a chi svolge attività di studio e ricerca per progettare al meglio interventi sostenibili, conoscere quanto già fatto e in corso e trasmetterlo al meglio, anche tramite attività didattiche;
- a chi sviluppa contenuti (VR, AR, gaming, ...) ed eroga i servizi collegati; completezza e qualità dei dati sono requisiti indispensabili per la produzione di trame soddisfacenti;
- a chi gode dei prodotti e dei servizi, gli utenti, che possono avvicinarsi sempre di più e sempre meglio al mondo della cultura.

Le tecnologie e gli strumenti odierni ci permettono di svolgere queste attività al meglio, trasformando l'informazione, anche quella scientifica, in qualcosa di accattivante e trasmissibile. In questo modo si crea un ponte tra sapere "esperto" e "inesperto", che abilita forme innovative e partecipate di gestione e fruizione del patrimonio culturale.

Cultura del progetto: strumenti digitali per la pratica del progetto

La seconda indagine riguarda la ricerca "ATLAS of emerging practices: being an architect in the 21st century"⁸ sulle

6 UNESCO (2003). Document of Sacri Monti's Nomination. Sito <https://whc.unesco.org/list/1068/docs/>, (accessed March 2020).

7 <http://www.sitech-3dsurvey.polimi.it/?p=2661> ultimo accesso Luglio 2020

8 La ricerca è stata realizzata da Gianpiero Venturini e l'Associazione culturale New Generations nel 2019.

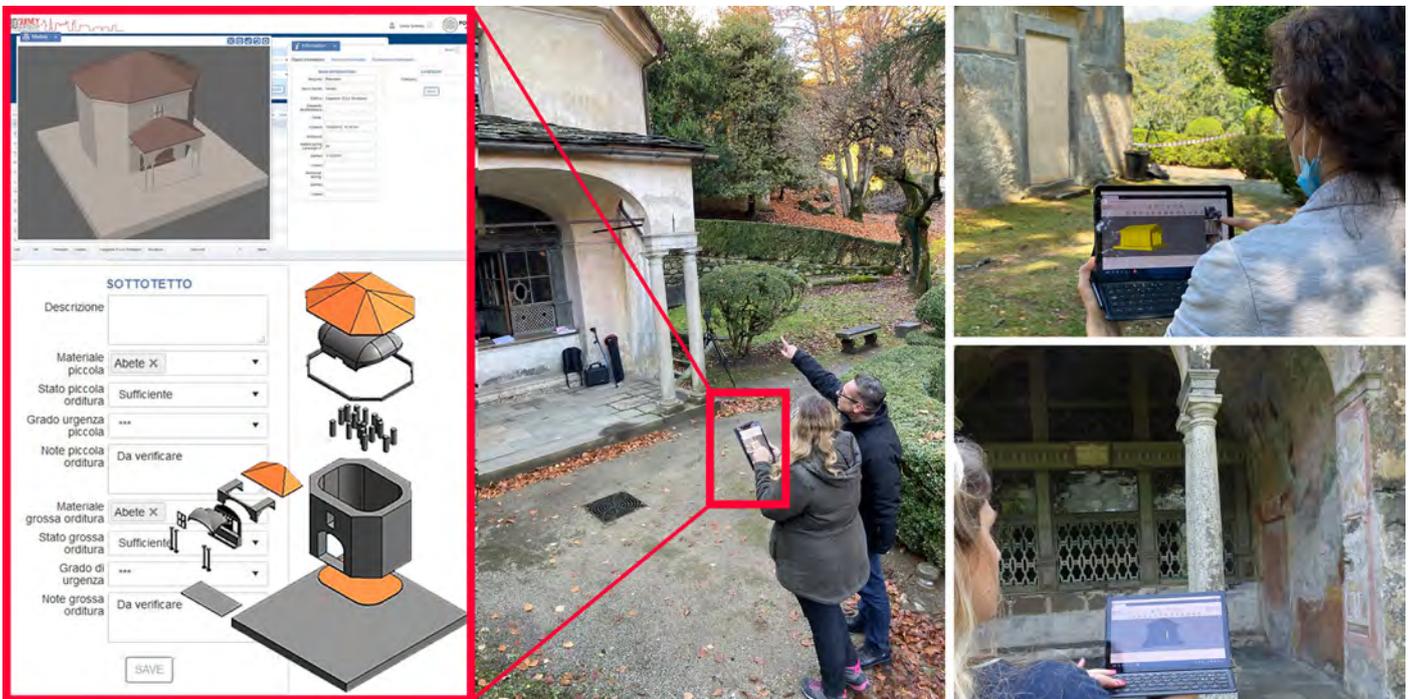


Fig. 3

possibili applicazioni degli strumenti di comunicazione digitali in rapporto ad una selezione di circa 100 pratiche emergenti di architetti suddivise in due ambiti principali:

- gli strumenti digitali per l'organizzazione della pratica architettonica;
- l'uso degli strumenti digitali per il progetto di architettura.

La prima parte della ricerca ha riguardato una *survey* attraverso la quale è stato chiesto inizialmente ad un selezionato gruppo di professionisti di indicare gli strumenti digitali maggiormente utilizzati nel proprio lavoro. Le risposte sono state analizzate e organizzate in due categorie: da una parte gli strumenti d'uso per la normale comunicazione, come per esempio i canali Facebook, Instagram, Twitter, dall'altra gli strumenti per organizzare e gestire la collaborazione tra professionisti, e tra professionisti e fruitori, come Google Drive, Skype, Dropbox, WeTransfer, ecc.

Una volta analizzati i dati della prima *survey* si è deciso di procedere alla somministrazione di interviste mirate ad un gruppo ristretto di soggetti. Le interviste realizzate hanno fatto emergere aspetti nuovi e molto interessanti del possibile connubio tra tecnologie digitali e pratica del progetto, per rendere più facile e veloce il trasferimento dell'informazione, ma anche per migliorare il coinvolgimento delle utenze intermedie e finali del progetto attraverso forme di compartecipazione e co-creazione.

Le interviste a Deltastudio (Ronciglione, IT), Parasite 2.0 (Milano, IT), Endeavour (Antwerp, BE), ABACO (Paris, FR) e POOL IS COOL / Collective Disaster (Brussels, BE) hanno documentato attraverso progetti condivisi via web il potenziale dei *media* non solo per comunicare, ma anche per fare ricerca progettuale, coinvolgere un vasto pubblico all'interno delle proprie attività, sensibilizzare la comunità di riferimento attraverso campagne di comunicazione e di *storytelling*.

Lo studio Parasite 2.0, attraverso il concetto di "Instagram Architecture" sviluppato nell'ambito del progetto denominato "MAXXI Temporary School: The museum is a school. A school is a battleground", ha documentato il modo in cui le tecnologie digitali possano innescare nuova domanda di architettura e attivare l'interesse e l'impegno di possibili utenze. Lo studio Endeavour ha invece documentato l'uso di Facebook per promuovere una campagna di *crowdfunding* volta o all'acquisto di un edificio abbandonato e la sua riattivazione fisica e sociale.

Una esperienza simile a quella promossa da Collective Disaster, che attraverso il progetto "POOL IS COOL" ha documentato il possibile utilizzo dei *social network* per lanciare una campagna di sensibilizzazione, raccolta fondi e co-progettazione della prima piscina pubblica a Brussels.

ABACO ha invece descritto come, attraverso il progetto "La ville que parle", sia possibile utilizzare la ricerca fotografica realizzata attraverso Instagram per promuovere nuovi significati e nuove forme di comunicazione dell'architettura e del progetto urbano.

Conclusioni

Le tre grandi Tecnologie cognitive che stanno alla base della comunicazione occidentale sono: la scrittura, il teatro, la navigazione. L'alfabeto ha permesso di aumentare enormemente la capacità di rappresentazione del mondo, il teatro di sviluppare una riflessività che separa e differenzia il soggetto della comunicazione dall'azione comunicativa, la navigazione di esteriorizzare dal se la propria terra (Abruzzese et al. 2000). L'insieme di queste tecnologie hanno permesso all'uomo di prendere coscienza di sé e di desiderare, immaginare, comunicare, conoscere. Il digitale permette oggi di amplificare enormemente questa possibilità, soprattutto in, campo culturale, dove la fisicità dei beni, incontrando il senso profondo del luogo, può produrre nuovo valore per la collettività.

References

- Abruzzese, A. and Borrelli, D. (2000), *L'industria culturale: tracce e immagini di un privilegio*, Carocci Editore, Roma, IT.
- Achille, C., Fassi, F., Mandelli, A. and Fiorillo, F. (2018), "Surveying Cultural Heritage: summer school for conservation activities", *Applied Geomatics*, vol. 10, pp. 579-592.
- Fanzini, D., Rotaru, I. and Bergamini, I. (2018), "Anticipation in Built Environment Design", in Poli R. (Ed), *Handbook of Anticipation*, Springer, Cham, UK, pp. 1-28.
- Manzini, E. (2018), *Politiche del quotidiano. Progetti di vita che cambiano il mondo*, Edizioni Comunità, Roma, IT.
- Jannack, A., Munster, S. and Noenning, J.R. (2015), "Enabling Massive Participation: Blueprint for a Collaborative Urban Design Environment", available at: <https://www.researchgate.net/publication/284177873>

Enabling_Massive_Participation_Blueprint_for_a_Collaborative_Urban_Design_Environment

- Montanari, F. (2018), *Ecosistema creativo. Organizzazione della creatività in una prospettiva di network*, Franco Angeli Editore, Milano, IT.
- Russo Ermolli, S. (2020), *The digital culture of architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, IT.
- Schiaffonati, F. (2016), “Il recupero del dismesso. Scenari normativi, gestionali e progettuali”, in Pagani, A. (ed.) *Aestium Journal*, Firenze University Press, Firenze, IT, pp. 129-139.
- Tommasi, C., Fiorillo, F., Jiménez Fernández-Palacios, B. and Achille, C. (2019), “Access and web-sharing of 3D digital documentation of environmental and architectural heritage”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 62, pp. 707-714.
- Tommasi, C., Achille, C., Fanzini, D. and Fassi, F. (2020), “Advanced Digital Technologies for the Conservation and Valorisation of the UNESCO Sacri Monti”, in Daniotti, B., Gianinetto, M. and Della Torre, S. (ed.), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, Cham, UK, pp. 379-389.

Fig. 1 - I rilievi condotti durante le summer school “Laboratory of places”, Sacro Monte di Domodossola.

Fig. 2 - Il sistema informativo: test di compilazione delle schede on-site.

Fig. 3 - Test di inserimento e consultazione dati e immagini sul campo.

BIM FOR ASSET MANAGEMENT AND REUSE OF UNIVERSITY BUILDINGS: THE CASE-STUDY OF SANT'ANNA SCHOOL

Benedetta Marradi¹

Abstract

The University building heritage of Sant'Anna School in Pisa represents a strategic asset for the reuse of urban portions, being not only the "container" of activities, but also a technological and social content to be preserved and transformed. The aim of the proposed Research is to investigate how the application of BIM can benefit the management of the academic real estate and its subsequent maintenance/preservation. The work concerns the development of a methodology to carry out the upgrade of specialized academic buildings, focusing on the historical building stock of the Sant'Anna School.

Keywords: University building heritage, Digitalisation, BIM, Retrofitting

¹ School of Engineering, University of Pisa, b.marradi@ing.unipi.it

The building and human heritage of Sant'Anna: a growing School

The Sant'Anna Advanced School of University Studies (SSSA) was established in 1987 by the merger of the Higher School of University Studies and Specialization with the Sant'Anna Conservatory, and is a public university, closely connected to the social life and the urban fabric of the city of Pisa and its surroundings (Bracaloni et al., 2003).

Currently, the School is divided into various Institutes: Birobotics, DirPoliS, Economics, Management, Life Sciences, TeCIP, and has 34 facilities for its training and research activities for a total of approx. 35,100 sqm. Some of these facilities also host other research labs for scientific collaborations. The headquarters of the School are located in one of the most historical portions of the city, including the former monastic complexes of Sant'Anna and San Gerolamo, facing "Piazza Martiri della Libertà". The School headquarters houses the Rectorate, the General Management, the Library, a part of the students residences with their own services, such as the internal canteen, various classrooms and offices, as well as the Institute of Economics.

The Church of Sant'Anna, which is still consecrated, with a single nave, preserves the 18th century asset and is often opened by the School for convivial occasions aimed at implementing the social life of the city, such as concerts performed by the students of the School. On the opposite side of the square, the Palazzo Alliata, dating back to the end of the 16th century, with a front ascribable to the canons of Florentine architecture, has been devoted to the Management Institute since 2011 (Bracaloni, 2003).

According to data released by the School, the trend of teaching staff is constantly growing, as well as the numbers of students and researchers. The School is among the best universities in the world in terms of ratio between patents and the number of professors/researchers in Science & Technology, with a coefficient of 2.9 patents per unit. In addition, innovative research has produced positive effects such as the creation of spin-off companies in very high-tech sectors.

One of the main problems of dealing with such a dynamic organization is the management of the research and academic spaces, in terms of predictive maintenance and of strategic renovations. Many actors are involved in this process: professors, researchers, students, technical departments and admin personnel,

as well as the Municipality and other public authorities. In these terms, the availability of information is a crucial issue, since the fragmentation of data occurs very often and involves a delay in planning interventions, poor efficiency and implementation errors that can slow down all the academic activities.

Thus, the creation of a shared and reliable platform is the first step for an effective Operation and Maintenance (O&M) activity: in this framework, a collaboration has been recently set between the Sant'Anna School and the School of Engineering of the University of Pisa, in order to exploit the potential of the BIM application as a digital tool to handle the real estate asset.

The main goal of the Research is to collect information and classify the existing building stock, define the main weaknesses and requirements, and then outline operational strategies for retrofitting. This scheme will be developed and improved with BIM technologies. In this paper, the complexities related to the management of academic real estate is briefly outlined and the digital context is defined, in order to allow the development of building informative models and to promote an efficient interface with management information systems. Then, the first steps of the Research are described, focusing on the Church of Sant'Anna as a case-study. The aim is therefore to provide a methodology for improving the model for the management of the University's real estate assets.

Managing and retrofitting the University heritage: drawbacks and opportunities

One of the main problems related to the reuse and the upgrade of some facilities of the School is the extreme variety of university buildings, especially if they are monumental: this feature does not allow to provide repeatable analysis and models, with results that could be extended in relation to typological/formal and technological analogies. In this context, the academic structures, classified as buildings with medium technological complexity, represent a portion of public tertiary sector that is currently not deeply studied in terms of energy and functional efficiency. Contrary to what happens for schools, a sector that is highly investigated for relevance, territorial diffusion and characterization of the heritage, the topic of the integrated retrofit of university building stock is not likewise structured since it is extremely various and the requirements are not always clearly

set up, especially in terms of flexibility.

The building heritage of the Sant'Anna School represents a significant case-study, being able to support the acquisition and management of information: a great portion of the School real estate is represented by monumental structures, strongly limiting from the point of view of flexibility of use. Furthermore, at the management level, there is a lack of organized information that could ease the possibility of verifying, starting from the early phases of design, what are the most performing interventions and then plan their implementation.

In addition, as the School is strictly connected to the historical town, the action of knowledge, management and enhancement of important public buildings should play an inspiring role to redevelop and reuse the building stock in the urban fabric. The role of the public administration is widely recognized in the necessary turnaround in the management of the tertiary sector. For example, with regard to energy savings, the most recent surveys on non-residential buildings have shown energy consumption up to 50% higher than the reference levels with an energy saving potential that can be reduced by up to 60% for the public services sector: in the context of Pisa as a typical university town, this could represent a fundamental driving force for the requalification of the entire building stock and for the enhancement of the quality of the historical town with the support of digital technologies.

Technological and digital background

BIM methodologies have been developed, since the early Seventies, thanks to the work of C. M. Eastman, for the optimization of the building process. The first definition of "Building Product Model" is referred as «a digital representation of the building process which facilitates the exchange and interoperability of information in digital format» (Eastman, 2018).

Between the late 1970s and the early 1980s, CAD systems increased their basic functions, allowing the creation of building models based on 3D solid modelling. The manufacturing and aerospace industries identified the potentials of this tools in terms of integrated capabilities, process control and time consuming, and decided to improve those systems collaborating with software companies (Quirk, 2012).

At the same time, most of the construction industry did not recognize this potential, but adopted architectural drawing editors, such as AutoCAD to produce 2D construction documents. Unfortunately, this kind of documents provides only a representation of the project, but does not give any information about the whole design and construction process, leading to possible lack of essential data during the process steps. This is the main concept of the current generation of BIM, which responds to three different main purposes:

- It is a business process (BIM as MODELLING) for generating building data to design, construct and operate the building during its lifecycle.
- It is the digital representation (BIM as MODEL) of physical and functional characteristics of a building element/facility.
- It is the organization and control (BIM as MANAGEMENT) of the entire business process by using the data of the digital prototype.

Currently BIM is mainly used during the design phase of a new building project. However, its use for manufacturing, construction and maintenance phases is increasing. In these terms, BIM represents both an opportunity to transform the documentations from drawings to models and also to revise the manage-

ment process. BIM tools can provide useful information for contractors, sub-contractors and facility managers (AA.VV., 2016).

In addition, the application of BIM is progressively extending also in the field of knowledge, management and requalification of the existing building heritage, enhancing the conservation of the historical building heritage.

The BIM approach to existing facilities constitutes both a work process for the acquisition/management/updating of the information, and a consistent digital representation of geometric and functional characteristics. In particular, the methodologies of Historical Building Information Modeling (HBIM) have been recently developed and represent a great potential for managing existing real estate assets: the HBIM performs a "digital reconstruction" of the building through its modeling for objects is therefore very similar to an ordinary BIM model. In case of historic facilities, the information are integrated, for instance, by data relating to the evolution of the building, its state of conservation, its functional integrity, as well as from the data relating to geometry, materials, construction techniques, as well as additional historical documents and images that complete the building's digital "identity card".

HBIM approach can be defined as a "reverse engineering" process that, starting from the collected data obtained with appropriate techniques from the existing building, allows its digital representation integrated with all the significant information for its management (AA.VV., 2016). This digital platform creates, for the facility manager/owner, a useful database for managing a large quantity of data in a coordinated way, planning interventions and maintenance operations, as well as optimizing resources and costs.

Therefore, at present, among the various in-depth studies on the application of BIM, one of the main trends is the application in the facility management of real estate assets (Gökgür, 2015). The digital revolution can be an innovative tool for the building asset management of public organization, such as Universities, hospitals etc., that needs to deal with a large building stock, often of a historical and monumental nature, which must be transformed and adapted very frequently to the academic needs of research.

The Church of Sant'Anna: first phases of research and main objectives

The first phases of the Research, that is currently on going, apply the available novel tools of BIM for monumental structures (HBIM), with particular reference to the church of Sant'Anna, that is part of the headquarters of the School. The School would like to enhance the use of the Church of Sant'Anna, which is only occasionally used for events, and connect this building to the next academic headquarters. In addition, the location of the Church, that is on the perimeter of the former monastic complex, makes it suitable for a more social relationship to the urban community. However, there are no geometric data recently verified and integrated with the interventions that have taken place in recent years on the facility.

In addition, this architectural complex is characterized by the presence of multiple functions which require both constant maintenance and transformation operations to make it suitable for the current requirements of safety, flexibility and change of use of internal and external spaces.

Thus, the purpose is to verify the effective layout of the building, the structural and morphological constraints, in order to identify the modifications and maximize the potential for transformation as well as for the requalification, in the perspec-

tive of interoperable management and planned maintenance/renovation.

The research illustrated here will be also extended to other facilities of the School. The approach shows originality as it allows to test a methodology that could then be applied on a large scale in other public institutes in Italy. The case-study of the Sant'Anna School, which will involve other specialized buildings, some of which are monumental, in fact, permits to validate the limits and opportunities of applying the HBIM to the building heritage, developing a set of requirements and protocols of the models to be set.

First, the work process started with the definition of the WBS - Work Breakdown Structure, a hierarchical structure split on three different levels. This approach, proper to PM techniques, obtained a general index of the activities, classified by codes used as a basis for the organization of the software (PMI, 2017).

A common methodology has been defined and three main phases can be outlined:

- Phase 1: Survey and data normalization. This phase is divided into two sub-phases: the first concerns the architectural survey aimed at a definition data to be acquired (through the use of topographic instrumentation, laser scanner, digital photogrammetry even by drone). The second concerns the integration and testing of the data obtained from the survey.
- Phase 2: Parametric digital modelling. First, the definition of the metadata is defined, in order to be parameterized in the model. Then, a set of parameters is created with the integration of heterogeneous data in a 3D environment through connection of the information system.
- Phase 3: Validation of the integrated model and of the interactive database connected to it, with the identification of guidelines for interventions. In this phase, the aim is to proceed to the analysis and resolution of the criticalities of the metadata, to the testing of the infographic system, to the validation of the access and interconnection systems with external databases.

Thanks to this type of approach, a 3D model shall be obtained, including information not only on the geometry of the building but also on the spatial and temporal organization of the site and on costs. Further research will include the use of Autodesk Navisworks to run 4D simulations to detect in advance many conflicts that can arise (Pavan, 2017).

As previously underlined, the main advantage of BIM for existing facilities is the storage, access and transfer of information and data concerning the buildings: this is a new opportunity to exchange data among different software applications thanks to interoperability. The benefits include centralized and visual communication, early exploration of options, sustainability, efficient design, integration of disciplines, site control, as-built documentation.

Partial results, drawbacks and future perspectives

The first phases of the research slowed down due to the current health emergency in Italy and worldwide, which therefore led to delays in the execution of the surveys and in the documentary research. The preliminary studies therefore focused on identifying the methodological and theoretical problems linked to the digitization of the existing building heritage.

The use of HBIM in the context of Sant'Anna School showed some practical problems to be addressed. To be more specific, the reasons are first of all cultural, then economic, and finally practical. The cultural bottleneck is linked to the training of the

employees in the technical departments, that are not currently prepared to use the tools and are not fully able to define the BIM requirements to be included in the technical specifications and in the contracts.

The second is an economic problem, since public institutions, nowadays, have a partial registry in CAD that must be integrated and updated (Osello, 2012). In some cases, some of the documentation relating to real estate is still in paper. Each of the cases is different, and should be analyzed in its specific context, however, the main assumption is that currently a public body such as the Sant'Anna School does not have a shared platform of BIM models of its assets and its realization certainly involves a considerable effort in terms of economics, time-consuming and resources. Most of the existing buildings have no BIM: research in creating BIM for existing buildings has received growing attention in recent years, but it is evident from current literature that generating BIM for existing facilities is complex. The digitalization of buildings is in fact a process that has costs comparable to a traditional registry, but shall be properly planned to provide requirements and reference standards to be set.

Practical drawbacks have effects on the economic aspects, and are mainly related to the quantity and the level of detail of the information to be created in order to establish the type of data that shall be surveyed and then modelled for the existing building asset. Moreover, most of these techniques are complex; require expert knowledge: core phases are still manual; face challenges in handling uncertain data and BIM conversion becomes more and more difficult to manage with the BIM's increasing Level of Detail (LoD) (Pavan, 2020).

Preliminary results of the research show poor HBIM implementation in existing facilities yet, due to challenges of:

- high modeling and conversion effort from survey capturing data into HBIM objects;
- updating of information in HBIM models;
- handling of uncertain data occurring in existing facilities.

Despite fast developments and applicable international and national standards, challenging research opportunities arise from process automation and BIM adaption to existing building requirements.

Conclusions

The university building stock, especially if monumental, is a resource for both the Institution and the city in which these facilities are located, since academic buildings qualifies identity of the historical urban asset. The knowledge, management and implementation of such a complex real asset often suffers from a wide fragmentation of documents, that is time-consuming and slow down research activities which, by their nature, would instead require dynamic spaces that are highly adaptive to changing working conditions.

To effectively respond to these issues, the proposed approach is to apply BIM, and especially HBIM, technologies, that can allow for greater, more effective communication between stakeholders and support the owner/facility manager to collect significant volumes of data and organize planned interventions. The digital workflow can activate information exchange protocols operated through international standards (COBie): this aspect is addressed not only from the point of view of the interoperability between the BIM database and CAFM (computer aided facility management) applications, but also from the point of view of open protocols for the management, through IFC. In this perspective, the model is shared usually in a 3D digital form with significantly greater accuracy: the distribution of this informa-

tion creates an ideal environment to work together efficiently and effectively, with any changes being taken care of more immediately and cost effectively (Pavan, 2020). This management of real estate would facilitate the correct planning of interventions, the realization of external tenders, allowing the School to monitor and constantly control the status of its own building heritage.

The main objective, in the long term, is the testing on a greater number of building types of academic heritage, in order to develop protocols/guidelines to intervene on listed university facilities, as a helpful tool for the reuse and/or the scheduled maintenance. The purpose is to concentrate these issues in geo-alphanumeric models – three-dimensional and parametric – drawn up using methods connected to building information systems (BIM technologies) and relational database management systems (Database Management System, DBMS), that will represent a useful support of the technical planning of the interventions that the Sant’Anna School will have to face in the next future.

Acknowledgement

I would like to express my deep gratitude to my research supervisor Prof. Luca Lanini (DESTeC, University of Pisa) for providing guidance and support to the project. I am also extremely grateful to Eng. Francesco Buono (Sant’Anna School, Pisa) who gave me the opportunity to carry out the research works so far. I really hope that this fruitful cooperation will last in the future.

References

- AA.VV. (2016), *International BIM Implementation Guide*, 1st edition, RICS, p. 8.
- Bracaloni, F., Dringoli, M. and Karwacka Codini E. (2003), *Architettura per la ricerca nel territorio pisano*, Pacini Editore, Pisa, IT.
- Corsini, P. (2008), *Il patrimonio edilizio dell’Università di Pisa. Riqualificazione e nuovi edifici*, Edizioni Plus Pisa University Press, Pisa, IT.
- Gökgür, A. (2015), *Current and Future Use of BIM in Renovation Projects*, Chalmers, Utrecht, UT.
- Eastman, C. (2018), *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*, Taylor & Francis, London, UK.
- Osello, A. (2012), *Il Futuro del disegno con il BIM per Ingegneri e Architetti*, Flaccovio Dario Editore, Torino, IT.
- Pavan, A. (2017), *BIM: metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell’era digitale*, Tecniche Nuove, Milano, IT.
- Pavan, A., Daniotti, B., Lupica Spagnolo, S., Caffi, V., Pasini, D. and Mirarchi, C. (2020), *BIM-based collaborative building process management*, Springer Nature, Switzerland, CH.
- Project Management Institute (2017), *Agile Practice Guide: Project Management Institute Pub*, PMI, London, UK.
- Quirk, V. (2012), “Brief history of BIM”, available at: www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/

ARCHITECTURE OF COMPLEXITY: (RE)GENERATIVE INTERFACES

Roberta Cocci Grifoni ¹, Graziano Enzo Marchesani ²

Abstract

In recent years, global climate change and its local projection have compelled careful analysis regarding the complexity of systems on the small and large scales (architectural and urban), interpreting them as independent yet interacting components that increase the flow of information and design parameters. The (re)generative design of interface devices (vertical or horizontal) leads to the idea of a building as a process of becoming, whose main objective is the ecological, energy, and social improvement of the place where it stands.

Keywords: Parametric design, Numerical simulations, Building skin, Outdoor comfort, Energy efficiency, Quality of life

¹ School of Architecture and Design Eduardo Vittoria, University of Camerino, roberta.coccigrifoni@unicam.it

² School of Architecture and Design Eduardo Vittoria, University of Camerino, graziano.marchesani@unicam.it

Introduction

Today, the study of aspects tied to ecology and sustainability refers to the science of relationships and complexity fed by different interacting skills that have led to a change in paradigm. Starting in the 1970s, the step was made from Descartes's and Newton's mechanistic, deterministic vision to a vision that assumes complexity as a foundation and uses concepts such as unpredictability, nonlinearity, instability, bifurcation, homeostasis, self-study, self-organization, etc. Specified by various scientists as a theory of complexity, nonlinear dynamics, network dynamics, etc. (Morin, 2008), this new paradigm contrasts with the mechanistic idea of nature as a simple, linear machine that can be decomposed into elements reducible to the cause that preceded them in time. The new perspective views nature as an organism, an organized system whose parts interact dynamically and whose behaviour is essentially disordered, irreversible, and connected to the arrow of time but not linearly predictable.

These considerations show that “complex” models are characterized by their qualitative rather than quantitative character. For example, while traditional mathematics deals with quantities and formulas, the dynamic theory of systems deals with qualities and methods, shifting the attention from the objects to the relationships. In addition, “complex” models entail nonlinearity and the fundamental role of irreversibility as a source of order and the generator of organization.

The perception of complexity therefore leads to a holistic, ecological vision that tends to attribute phenomena observed in the various scientific fields to their own *oikos* (home), intended as a system of relationships and also as the root of what we now call “ecology”. This new systemic approach is inevitably combined with the use of digital devices (computers, etc.), which are indispensable for conceiving, controlling, and interrelating complex geometries. It represents a tool in much contemporary research for studying and controlling structures that, once realized, reveal themselves to be capable of self-organization and self-growth (*autopoiesis*, Schumacher, 2010) analogous to the capabilities of living organisms (Tucci, 2008). These structures are therefore capable of reacting to information from the external environment, establishing interactions with the outdoors through the continuous modification and adaptation of their state. They can respond to atmospheric forcing and external stress by adapting their shape and spatial and functional configuration

to respond to changing environmental requirements.

In some examples of architectural complexity, there is instead a tendency to dematerialize, to create “vaporized” buildings (Rahm, 2014), indeterminate forms realized as if the process of formation were perennially progressing. The key aspects of this concept are then attention for the communicational values and sensory and intellectual relationships suggested by the object, an openness to nature, dematerialization of the mass of the walls through membranes and sensors that detect and transmit information, and recourse to the metaphor of fluidity, which represents life itself, in continuous transformation. In contrast to physical masses, the building skin increasingly tends to become a “threshold” rather than a barrier, with the purpose of not only “closing” and “containing” but also “opening” and “extending” in response to stimuli from the exterior. These reactive architectural surfaces can change the way in which we relate to the built environment and the way in which construction of the environment relates to the user.

As with many other designers in contemporary architecture, Toyo Ito's “Blurring Architecture” – fluid synergies between form and matter, appearance, and performance – gives rise to a building with light edges that can react in response to the natural environment (Ito, 2000). The concept of Blurring Architecture does not regard the form of the building as much as the idea of limits, of clear separation between interior and exterior that increasingly begs discussion, making the borders between architecture and environment, between body and space, ephemeral and soft. This “new reality” is capable of testing not only the strength of matter, but also (as always) transmitting new physical and mental sensations, creating sensory experiences through spaces where people can move and live freely.

The objective of this research therefore is to present new environmental parametric strategies in order to improve the technological and environmental project proposals, thereby changing the *modus operandi* of environmental designers and architects.

(Re)generative Façades

Contemporary research (Rahm, 2018; Brady, 2018) aims to establish continuous feedback between architecture, the environment, and users using digital tools to incorporate architecture within the natural or urban context and to integrate the experience of users themselves within the design process and the result.

Matter is not considered an inert substrate on which a form is imposed from the outside, but an active element that participates in generating the form itself. The various materials, with their different characteristics and properties, therefore become an integral part of the design process. Material information may not only be integrated in the computational design but may also act as one of its generating morphogenetic drivers. In this way, the properties and behaviours of the materials and their related characteristics of materialization are not considered limits, but rather the source of an exploratory design process.

Wood is one material that best lends itself to these design processes; with its environmental sustainability (naturally renewable and completely recyclable), thermophysical characteristics, composition, and behaviour, it lends itself to use as a “living” construction material. In fact, its hygroscopic behaviour allows reactive architecture to be created. Another material interesting for its versatility is cardboard, which, due to its sustainability and resistance, was used by Shigeru Ban (Eekhout et al., 2008) to create environmentally conscious buildings built with innovative, solid systems, even to face natural disasters.

Luigi Moretti (1906-1973) was the first architect to talk about “parametric architecture” (Pellitteri and Gallo, 2018) with the goal of defining an operational method that allowed the most recent acquisitions in modern scientific thought to be encompassed in architecture. Some design themes (theatres, stadiums, subway stations, etc.) could then be addressed not according to traditional typological references but by pursuing the idea of generating the form through rigorous geometric relationships among the parameters.

The parameters and their interrelation therefore become the expression, the code, of the new architectural language, the “structure” in the original and rigorous sense of the word and define the forms that those functions satisfy. In determining the parameters and their interrelation, the most advanced techniques and tools of scientific thought should be employed, particularly logic/mathematics, operational research, and computers — especially computers — for their ability to express probable solutions to the values of the parameters and their relationships in recursive series. The development of this setup and the new procedure and theory specified in its methods and verified in the initial results is called “parametric architecture”.

Architecture should therefore be proposed as a display of and for finiteness: by probing the limits they may tend towards places of “possibility” in opaque zones, left in shadow by the design of total technological “solarization” (Carboni et al., 2015). Even in its current strength and universality, the technique therefore, as a means through which the form is realized, does not subtract space from our creativity. It institutes processes of continuous feedback in which each architect creates an original view of the world, a vision aimed at the future but capable of constantly questioning the limits of one’s own work.

Methodology and Methods

Algorithmic and parametric procedures allow complexity to be managed relatively easily: they are versatile and expandable and enable multiple factors that have a reciprocal and simultaneous influence to be addressed. The logical/mathematical capabilities of computer tools thus allow the most correct and efficient solutions to be obtained with respect to all the parameters considered. The computer therefore “minimizes a parametric functional”, wherein “functional” implies the space of the phases of possible choices based on the input parameters and “minimize” means obtaining the best choice in terms of efficiency (environmental comfort, energy efficiency, functional requests, environmental impact, structural efficiency, etc.). This is where the designer intervenes; with multiple parameters involved, the designer’s task is to choose from among the different possible solutions. It is in this choice that the designer’s capacity unfolds, in architectural thought that is not only efficient but also capable of innovating, thrilling, and involving.

In this paper a new methodology to manage and assess the complexity of environmental design is presented. To create the workflow, various tools are used and managed in a single platform called Grasshopper¹. This platform is a development environment in which programs can be packaged independently according to continuous feedback actions: input commands assigned in the first phase generate output that feeds the input information again in an iterative manner.

Since Grasshopper is a true development environment, it allows for parametric control of each aspect of the process. This means that each aspect of the design should be converted into a numerical variable, translating common ‘design’ thoughts into new “parametric” thoughts. With this platform, tools such as ENVI-met², EnergyPlus³, and Urban Weather Generator⁴, can be managed by means of the various plugins for Ladybug Tools⁵ (libraries configured within Grasshopper as needed).

The workflow can be divided into three phases: the first, pre-analysis; the second, processing and analysis, and the third, optimization.

Once the area of study has been chosen, the first phase entails the insertion of information on the urban scale using data collected from available GIS⁶ databases (building volumes, land elevation, and cladding and roofing materials).

For contiguous buildings, where analysis is made on a more detailed scale, BIM⁷ (*Building Information Modelling*) databases may be used, which contain information about the technological details (connection with the ground, windows and doors, roofs, etc.). To best represent the exterior space, the type and position of green elements and the surface materials can be defined, along with permeable and impermeable areas.

Finally, it is necessary to use environmental data represented by the meteorological variables and levels of atmospheric pollution on an hourly basis.

1 Grasshopper is an integrated development environment (IDE) that runs within the Rhinoceros 3D. The program was created by David Rutten at Robert McNeel & Associates, (available at: <http://www.mcneel.com/>).

2 ENVI-met is a program used to simulate climates in urban environments and to evaluate the effects of atmosphere, vegetation, architecture and materials, (available at: www.envi-met.com).

3 EnergyPlus is a complete building energy simulation program that engineers, architects and researchers use to model both the energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and current and process loads, and the use of water in buildings. Its development is funded by the U.S. Department of Energy’s (DOE) Building Technologies Office (BTO), (available at: www.energyplus.net)

4 Urban Weather Generator is a robust and reliable program used to study the urban heat island effect. This is a part of Urban Microclimate Project developed by an MIT research group, (available at: <https://urbanmicroclimate.scripts.mit.edu>)

5 Ladybug Tools is a collection of free computer applications that support design that connect CAD interfaces to a variety of validated simulation engines. (www.ladybug.tools)

6 A geographic information system (generally abbreviated to GIS), is a computerized information system that enables the acquisition, recording, analysis, visualization, restitution, information derived from geo-referenced geographical data.

7 Building Information Modeling (generally abbreviated to BIM) indicates a software method for design, planning and construction management of buildings.

In the second phase, this information is fed into the Grasshopper platform, which automates the acquisition and manipulation of the geometric/metric data, generating three different models and correlating information from very different databases.

The first model is a simplification of the urban context for use in the preliminary analysis with Urban Weather Generator to modulate the environmental data. The result of this initial investigation is a set of meteorological data modified to consider greater adherence of the environmental data in an urban context. It is characterized by typical phenomena tied to climate change as effects of the urban heat island. The output data is used by the other models.

The second model entails exemplification of the urban layout (according to a three-dimensional grid) for use with the ENVI-met tool to generate the thermal fluid-dynamics analysis in the outdoor environment. With this model, variations in temperature, humidity, the wind field, pollution levels, and the state of comfort or discomfort in the representative scenario can be assessed. The output is used in the last model.

The third model represents the 'thermal masses' of the buildings for use with EnergyPlus to generate the non-stationary thermal analysis. EnergyPlus very accurately simulates the energy state of the buildings, which is combined with analysis of the conditions at the edge of the outdoor environment (from the previous phase). The workflow thus developed allows the results of the outdoor analysis made with ENVI-met to be tied to the indoor simulations made with EnergyPlus, returning information that is much more complete. The time to calculate the results of this last phase is short enough to allow for recursion of the simulation to optimize the results.

The last phase is represented by the optimization of the systems in which the values (geometric, material, etc.) of the parameters characterizing the technological devices can be identified using recursion to maximize their efficiency. The generation of the variables is not random, but rather managed through the use of particular genetic algorithms capable of improving the results, which are evaluated with each variation. These tools allow for assessment, for example, by progressively refining the solution to very complex problems entailing one or more objectives.

Case Study and Discussion

The case study is cardboard façades with different patterns inserted in a typical Italian climate context. To highlight the urban heat island phenomenon, Palermo was considered as is often done for its warm urban area.

Under the Köppen Climate Classification, Palermo is defined as Csa, "hot summer subtropical", a climate often referred to as "Mediterranean".

The choice of cardboard originated in the challenge of designing architectural elements capable of controlling the microclimate within the urban space, considering the complexity of the system. The study of cardboard architectural elements grew out of the technological need for a light material that could be formed into complex geometries inspired by the Japanese tradition of origami. Cardboard is a light material traditionally used in architecture for its structural characteristics; here, however, it is used for its physical/technical characteristics (capacity to adequately reflect solar radiation, preventing urban overheating and ensuring impermeability with a surface treatment).

To design these elements, a parametric approach was used to translate complexity into potential, tradition into innovation. With the computerized parametrization of the geometries, it was then possible to easily modify the geometries of the system to

find the best energy performance and possibility of realization by means of digital manufacturing.

The Figure 1 shows an analysis of the façade to improve the state of outdoor comfort acting as a reflective membrane for solar rays within an urban canyon in Italy. With the optimization algorithms, it was possible to study the correct fold of the façade element to maximize the comfort level. The Figure shows the difference in temperature (bluer colours represent greater comfort) between the bare façade and the façade with the optimized cardboard element. The façade with the cardboard element clearly produces a lower temperature in the immediate area. This shows how it was possible use the recursive parametric analysis to analyse the façade element to reduce the temperature by about 1°C evaluated for the UTCI (Universal Thermal Climate Index), reaching the thermal comfort zone (between 9 and 26 degrees Celsius).

The Figure 2 shows three possible modular variants to be applied on the façade (Miura Ori, Ron Resch, and Yoshimura patterns). Following our analysis, the pattern on the right was found to be the most favourable in terms of improving the thermal comfort in front of the façade. This was the pattern used for the analysis in Figure 1.

Conclusion

In recent years, global climate change and its local projection have compelled careful analysis regarding the complexity of urban systems. These systems are complex and composed of multiple independent yet interacting components that increase the flow of information and design parameters. This complexity is represented by the autopoietic capability of exterior architectural structures, that is, the ability to react to information from the outdoor environment by continuously modifying and adapting their state. It follows that the skin increasingly tends to become more of a "threshold", a (re)generative and adaptive interface that regulates and minimizes the flows of information that cross it. It is therefore no longer an element of separation but of connection between urban volumes and empty spaces. In this way, the relationship between building and public space becomes the design of spaces for interaction, that is, in-between social interaction. A link is made between the quality of "between building" spaces, the quality of life within buildings, the possibility for users to establish social activities, and the possibility of designing comfortable places.

Environmental aspects are gaining importance in the design of anthropized ecosystems. The material and morphological characteristics can be associated in complex relationships that generate and influence design solutions on various levels, solutions capable of adapting over time to respond to environmental questions while also activating and supporting social mechanisms for community growth.

(Re)generative design allows computer systems to be used to define architecture whose essence does not lie in techniques per se, but in the awareness of the consequences that the use of techniques may have on the perception and use of open space and architectural structures. In addition, it allows processes for evaluating the design choices to be accelerated due to the association of material, geometric, and environmental characteristics.

References

- Celaschi, F. (2017), *Non Industrial design*, Luca Sossella Editore, Bologna, IT.
Di Lucchio, L. and Giambattista, A. (2018), *Design & Challenges, Riflessioni*

sulle sfide contemporanee del Design, LIST Lab, Barcelona, ESP.
 Khanna, A. and Khanna, P. (2013), *L'età ibrida. Il potere della tecnologia nella competizione globale*, Codice Edizioni, Torino, IT.
 Latour, B. (2005), *Reassembling the social*, Oxford University Press, New York City, NY.
 Levy, P. (2002), *L'intelligenza collettiva*, Feltrinelli, Milano, IT.
 Manzini, E. (2015), *Design when everybody designs*, The MIT Press, London, UK.
 Micelli, S. (2016), *Fare è innovare. Il nuovo lavoro artigiano*, il Mulino, Bologna, IT.
 Sanders, E. and Stappers P.J. (2008), "Co-creation and the new landscape of design", *Co-design. International journal of co-creation in design and the arts*, vol. 16, pp. 116-134.

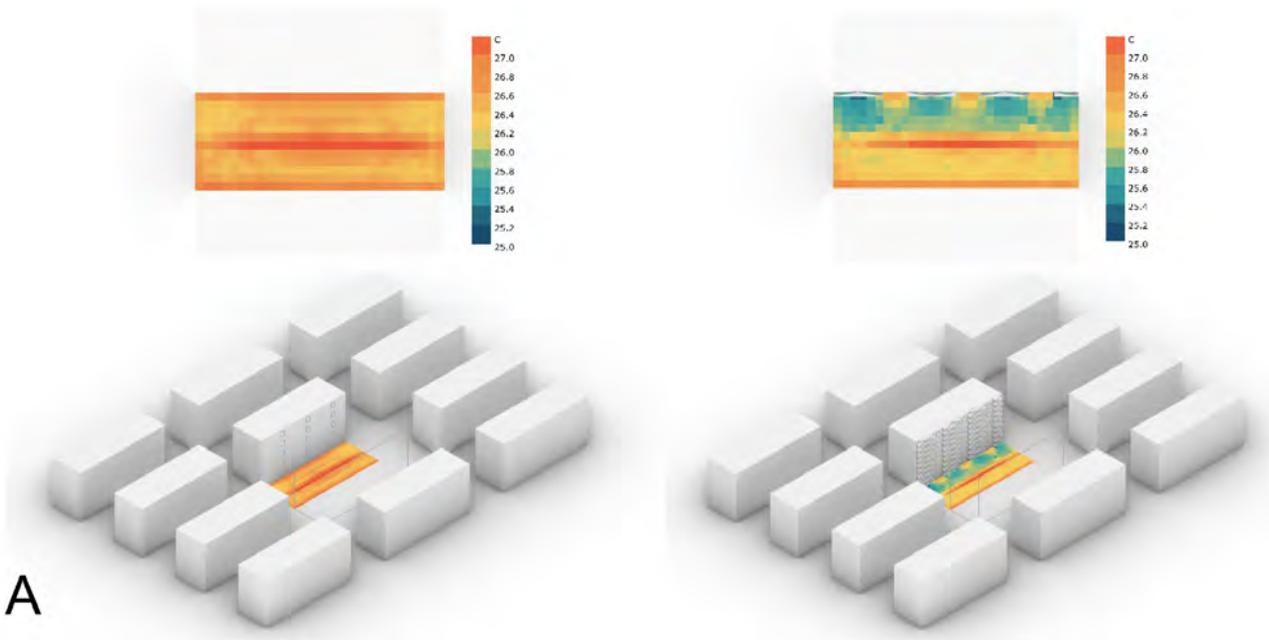


Fig. 1

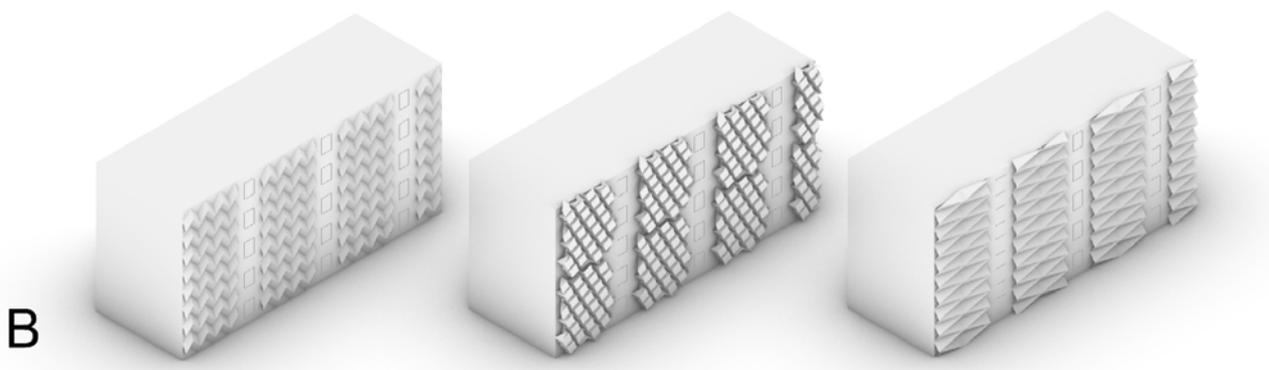


Fig. 2

Fig. 1 - Outdoor UTCI comparison between the bare façade (left) and the optimized façade (right).

Fig. 2 - Different origami patterns: Miura Ori, Ron Resch, and Yoshimura.

LE TECNOLOGIE IMMERSIVE PER IL CO-DESIGN IN ARCHITETTURA

IL PROGETTO DEGLI SPAZI PER LA CURA

Elisa Biolchini¹

Abstract

Negli ultimi decenni si è assistito allo sviluppo di tecnologie di modellazione e visualizzazione 3D, immersive e non (VR, AR), che possono migliorare i processi partecipativi, anche nell'ambito dell'architettura. È importante quindi comprendere quale sia l'efficacia di questo tipo di strumenti per una collaborazione proficua tra progettisti e utenti, e tra gli stessi progettisti di diverse discipline. In particolare questo discorso è rilevante in progetti architettonici complessi, come ad esempio quelli ospedalieri, nei quali sono già state realizzate alcune esperienze.

Keywords: Co-design, Virtual Reality, Sanità

¹ DAD - Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, elisa.biolchini@studenti.polito.it

Introduzione

La pratica dell'architettura è sempre più legata allo sviluppo di tecnologie atte a rendere maggiormente agevole ed efficace il processo di progettazione. Grazie a strumenti come i CAD (Computer-Aided Drafting e Computer-Aided Design), i software per la modellazione 3D, per la realizzazione di render e il BIM (Building Information Modeling), il progetto può essere visualizzato, rappresentato e descritto in modo sempre più realistico e articolato fin dalle prime fasi. L'implementazione di tecnologie che, tramite modelli virtuali, permettono un'interazione con spazi ancora in corso di progettazione hanno avuto un enorme sviluppo ma riservano un grande potenziale nel campo dell'architettura, in particolare, con l'impiego di questi strumenti nel co-design, che rappresenta il passaggio dalla progettazione per l'utente alla progettazione con l'utente (Dorta et al., 2016).

Il co-design, può permettere di verificare l'adeguatezza degli spazi alle attività riconoscendo limiti nel soddisfacimento delle esigenze dell'utenza prima della costruzione. Tale strumento è di particolare interesse, teorico e pratico, per il progetto di ambienti che ospitano funzioni particolari in cui l'architetto si confronta con esigenze e professionalità complesse, quali gli spazi per la cura e ospedalieri.

Il co-design

La carica innovativa della progettazione partecipata, nelle sue varie forme, risiede nel fatto che il progetto non si sviluppi solo sulla base delle esigenze dell'utente ma attraverso il coinvolgimento attivo di quest'ultimo nella definizione degli spazi. Le metodologie impiegate di consueto in questo campo sono basate su strumenti come questionari, focus group, workshop, derivati dalla psicologia ambientale (Gibson, 2014), dalla sociologia e dalle prassi progettuali in ambito sociale. Il co-design parte dal presupposto che sia necessario e utile un dialogo tra gli attori del progetto e che quindi si debbano utilizzare linguaggio e strumenti comprensibili a tutte le parti coinvolte nel processo, nonostante le differenze di competenze, ruoli e abilità. In ambiti complessi come gli ospedali è importante il dialogo tra architetti, personale sanitario e pazienti per evitare errori nel progetto e nella gestione degli spazi. Non è insolito, infatti, che l'uso degli ambienti sia diverso da quello previsto con conseguenti inefficienze e necessità di modifica. In altri termini, il processo di definizione esigenziale-prestazionale, al di là del mero rispetto

delle normative, si presenterebbe difficile per l'architetto, essendo il progetto degli spazi e la loro qualità, fortemente interrelati e condizionati dal progetto sanitario delle azioni di cura e dalle particolari esigenze dell'utenza, personale medico, pazienti e *care givers*.

La qualità degli spazi di cura è un fattore fondamentale per il benessere di chi ne usufruisce e ha un forte impatto sulle persone, sul loro stato d'animo e, come ormai assodato da numerose ricerche, sulla salute e sulla guarigione. È quindi da tener presente, nel momento in cui si progetta, il fatto che ogni scelta incida in modo significativo sugli utenti, sulla loro percezione dello spazio e sul loro modo di utilizzarlo (Ulrich, 1991).

Il co-design, basandosi su un processo partecipato e interdisciplinare con la collaborazione di utenti-clienti, *stakeholders* e altri professionisti a supporto del team di progettisti, ha come obiettivo principale proprio il miglioramento della qualità ambientale degli spazi progettati attraverso la costruzione di un preciso profilo dell'utente, sia esso un paziente o un *care giver* in condizioni di fragilità o, ancora, un operatore sanitario sottoposto al rischio del *burnout*. Nella prassi tradizionale di progettazione in ambito ospedaliero viene seguito un piano sanitario stilato da medici specialisti nell'organizzazione di questo settore, cui segue un programma di progetto della struttura secondo la normativa sugli appalti e la cui finalità è la definizione in termini operativi degli obiettivi e del modello di requisiti dei committenti (documento preliminare all'avvio della progettazione, progetto di fattibilità ecc.). Questi documenti sono di grande importanza in progetti complessi come quelli di edilizia sanitaria e la loro elaborazione costituisce, a sua volta, un campo di elezione delle pratiche di co-design.

Il lavoro di analisi in cui si impiegano, accanto a interviste e questionari, attività di workshop (*visioning sessions*), viene seguito da quello tradizionalmente definito di progettazione in cui l'utente può essere coinvolto attraverso tecniche di visualizzazione e animazione, che si affiancano alle usuali rappresentazioni del progetto architettonico.

Una volta sviluppate le idee di progetto è poi interessante proseguire con il coinvolgimento degli utenti tramite dei metodi di verifica e valutazione delle scelte attraverso *mock-up* fisici o virtuali. In questa fase l'obiettivo è quello di testare le scelte fatte in relazione all'adeguatezza alla realtà nella quale verrà inserito il lavoro e, nel caso in cui vi siano delle incongruenze o disfunzioni, modificare il progetto (Cama, 2009). Si tratta di tecniche onerose, nel caso del *mock-up* fisico, complesse e spe-

rimentali, per il *mock-up* virtuale. In questi ambiti si collocano le tecniche della Virtual Reality, della Realtà immersiva e della Augmented Reality.

La virtual reality

Gli strumenti di Virtual Reality stanno trovando ampio utilizzo in molti settori operativi e tecnologici, quali quello della medicina, in cui gli ambienti virtuali suscitano un notevole interesse nei ricercatori, specialmente in ambito riabilitativo e formativo.

La Realtà Virtuale può essere utile in campo riabilitativo sia per quanto riguarda deficit motori, congeniti o acquisiti, sia per il trattamento di disturbi legati all'ansia e per il recupero di alcune abilità compromesse da lesioni cerebrali. Nonostante l'impiego terapeutico di questo tipo sia ancora limitato, le strutture più all'avanguardia utilizzano la VR (Virtual Reality) e la AR (Augmented Reality) sottoponendo i pazienti ad una sequenza di esperienze immersive, vissute in prima persona, in ambienti virtuali sicuri (Hanapiah, 2019).

Un ulteriore ambito di impiego è quello della formazione di studenti e professionisti attraverso le simulazioni. Claudio Pensieri e Alessandra La Marca hanno sviluppato una review della letteratura medica analizzando 2252 articoli pubblicati tra il 2012 e il 2019 su PubMed, evidenziando una forte prevalenza di applicazioni dello strumento della Virtual Reality alla formazione degli studenti (Pensieri and La Marca, 2019).

Nel campo dell'architettura l'impiego della Virtual Reality è oggi frequente nelle strutture professionali per semplificare la comprensione del progetto a clienti, acquirenti o investitori, perché questi possano visualizzare e sperimentare gli spazi prima che vengano realizzati fisicamente. Tramite queste tecnologie si tende a superare le difficoltà di comunicazione con persone che non hanno le competenze per comprendere appieno il disegno 2D (piante, prospetti, sezioni).

La modellazione 3D consente un sicuro passo avanti in tal senso, pur scontando a volte forme di banalizzazione, ma le tecnologie immersive possono portare questo dialogo ad un livello più efficace consentendo, nella prospettiva citata del co-design, la collaborazione dell'utente al processo di progettazione.

Risulta tuttavia fondamentale la definizione e valutazione degli strumenti utilizzabili nell'ambito della disciplina architettonica e delle competenze specifiche che il progettista deve possedere, nonché delle sue responsabilità nella definizione della forma e qualità degli spazi. In altri termini, una efficace rappresentazione non rende di valore una cattiva progettazione architettonica, così come una forma architettonicamente corretta può non soddisfare le reali esigenze dell'utenza. In questo rapporto si racchiude la complessità del tema del co-design e dell'uso degli strumenti virtuali ed è necessario condurre ricerche e sperimentazioni in cui architetti, psicologi ambientali, sociologi, medici e specialisti in Realtà Virtuale indaghino e verifichino l'uso e l'efficacia ai fini della qualità finale del manufatto architettonico di quelle che sono e rimangono, senza il coinvolgimento di altre discipline, solo tecniche di rappresentazione.

Virtual Reality e progetto in sanità

Nella progettazione architettonica per la sanità sono state sviluppate esperienze di utilizzo della Virtual Reality con il coinvolgimento degli utenti che manifestano elevate potenzialità e possibili sviluppi futuri.

In tale contesto la Realtà Virtuale può consentire di testare e modificare il progetto in fase di sviluppo con la partecipazione

di attori, essenzialmente il personale sanitario, portatore di competenze ed esperienze specifiche.

A tal proposito, l'Università del Minnesota, con il College of Design's Virtual Reality Design Lab, ha sviluppato uno studio che confronta vantaggi e svantaggi di *mock-up* fisici e virtuali (Johansson, 2012). Questa ricerca, basata sul caso della progettazione di una camera di degenza, ha dimostrato che, pur con i limiti delle tecnologie dell'epoca, il *mock-up* virtuale fosse efficace e sicuramente vantaggioso in termini di costi, tempi e spazi necessari per la sua realizzazione.

Un altro recente studio finlandese analizza un caso di progettazione e costruzione di un ospedale (2014-2018) per il quale si sono impiegati prototipi virtuali in scala reale per consentire allo staff sanitario di simulare le dinamiche dell'attività nell'area di degenza. Rispetto all'esperienza precedentemente citata e grazie all'avanzamento tecnologico si sono potute svolgere sedute durante le quali diversi membri del personale sanitario interagivano simultaneamente con gli spazi e tra di loro. L'esperienza ha permesso di avere numerosi gruppi di partecipanti che hanno contribuito con osservazioni durante la simulazione e attraverso questionari. In questo caso si è sviluppato un modello definito di "Virtual Environment Walk-in": una stanza con tre pareti, un soffitto e un pavimento, in cui interagivano più soggetti. Sulle superfici sono state proiettate delle immagini che, grazie agli occhiali stereoscopici in dotazione, diventavano riproduzioni 3D a grandezza naturale. Il progetto è stato il risultato di tre round di simulazione con aumento crescente del realismo dei prototipi. Tale esperienza presenta forti analogie con gli "immersive visualisation theatres" e con le "CAVE virtuali", già impiegate in numerose applicazioni in sanità. Un'esperienza di questo genere può essere condotta e messa in atto solo da un gruppo di professionisti con competenze differenti, architetti, psicologi ambientali, ingegneri clinici, ingegneri informatici ed elettronici e personale medico. Tale processo richiede lo sviluppo degli strumenti informatici ed elettronici da impiegare, la simulazione degli ambienti, la raccolta e l'elaborazione delle informazioni ottenute (Tiainen and Jouppila, 2019).

Nell'ottica, leggermente diversa dagli esempi sopra riportati, della condivisione dell'informazione e della collaborazione tra più attori citiamo il recente caso della costruzione del Nuovo Ospedale Universitario di Odense, in Danimarca, sviluppato da ATIPROJECT, CMB e Itinera con la metodologia del *digital twin*, concetto nato negli anni '60 dal Programma Apollo della NASA (Barboza D. et al., 2019).

Nell'esempio danese la costruzione di un modello complesso di simulazione dell'ospedale, il *digital twin*, ha permesso a progettisti, utenti, committenti e imprese di gestire e condividere in tempo reale tutte le informazioni del processo, dalla definizione dei requisiti, alla progettazione preliminare, a quella definitiva (BIM portale, 2019).

Conclusioni

La progettazione degli spazi coinvolge in modo articolato sempre più attori, e serve un importante lavoro di collaborazione di tutti i soggetti.

Alla progettazione partecipano non solo gli architetti, gli altri professionisti della costruzione, dell'impiantistica, della gestione, i committenti e gli investitori ma anche gli utenti degli spazi. Tale coinvolgimento, nella forma del co-design, è particolarmente importante per gli edifici che ospitano attività complesse, quali quelli ospedalieri. In tal modo si amplia l'ambito del progetto rendendo necessario sia ripensare il concetto di coinvolgimento dell'utente sia la sua pratica attuazione. Le nuo-

ve tecnologie contribuiscono sicuramente a rendere possibile e più agevole questa interazione potenziando fortemente i metodi tradizionali del co-design, i modelli fisici, le rappresentazioni tridimensionali non interattive, le procedure della progettazione partecipata.

Le esperienze riportate in questo contributo evidenziano i vantaggi rilevanti che possono derivare dall'uso di strumenti innovativi in ogni fase del progetto, da quelle iniziali a quelle di verifica, per mettere in atto il dialogo tra persone con abilità, competenze ed esperienze differenti.

In questa prospettiva sistemi come la Virtual Reality, la Realtà aumentata, il *digital twin* e le piattaforme collaborative di progettazione possono divenire strumenti interattivi, attuando un processo efficace ed efficiente.

La qualità di un progetto, soprattutto nell'ambito dell'edilizia ospedaliera, deve essere considerata nella sua complessità e, se sistemi come il *digital twin* possono favorire il dialogo tra i diversi professionisti e rendere più efficiente il lavoro dal punto di vista costruttivo, impiantistico, gestionale ed economico, non si può trascurare il fatto che quegli ambienti ospiteranno delle persone con esigenze particolari e attività articolate e delicate. È auspicabile che in futuro si possano impiegare queste tecnologie nei processi di co-design per il miglioramento della qualità degli spazi e per la familiarizzazione degli utenti con i nuovi ambienti costruiti. L'applicazione di strumenti innovativi e della Realtà Virtuale nel processo progettuale, architettonico e sanitario, rappresenta, in questo ambito così complesso, una nuova frontiera del rapporto tra saperi esperti e portatori di interessi.

Tuttavia, è possibile affermare che l'utilizzo delle tecnologie avanzate nell'ambito del co-design, pur promettente, richieda ulteriori ricerche interdisciplinari tra l'architettura, la psicologia ambientale e la sociologia mirate a sviluppare e testare procedure di provata efficacia.

References

- Barboza, D., de Oliveira, W., Saraiva, M. and Soares, L. (2019), "DEMO: Virtual Reality Digital Twin for Floating Production Storage and Offloading", (*FPSO*) Units, proceedings of the Anais Estendidos do XXI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Sociedade Brasileira de Computação, October 4-5, 2019, Porto Alegre, pp. 31-32.
- Bim portale (2019), "Il nuovo Ospedale Universitario di Odense", available at: www.bimportale.com/ospedale-universitario-odense/
- Cama, R. (2009), *Evidence-Based Healthcare Design*, Wiley John & Sons, Hoboken, NJ.
- Dorta, T., Kinayoglu, G. and Hoffmann, M. (2016), "Hyve-3D and the 3D Cursor: Architectural co-design with freedom in Virtual Reality", *International Journal of Architectural Computing*, vol. 51, pp. 1-16.
- Gibson, J. (2014), *The Ecological Approach to Visual Perception*, Psychology Press, New York City, NY.
- Hanapiah, F.A. (2019), "Use of Virtual Reality in Rehabilitation", *International Journal of Human and Health Sciences*, vol. 52, p. 11.
- Johansson, J. (2012), "Patient Rooms of a California Based Hospital: Benefits of Physical Mock-ups vs. Benefits of Virtual Mock-ups", available at: https://rp.design.umn.edu/resources/documents/VRReport_JJohansson.pdf
- Pensieri, C. and La Marca, A. (2019), "Mondi virtuali e realtà virtuale. Un'analisi del fenomeno nella formazione sanitaria", *Form@re*, vol. 19, p. 1.
- Tiainen, T. and Jouppila, T. (2019), "Use of Virtual Environment and Virtual Proto-types in Co-Design: The Case of Hospital Design", *Computers*, vol. 5, p. 8.
- Ulrich, R.S. (1991), "Effects of interior design on wellness: theory and recent scientific research", *Journal of Health Care Interior Design*, vol. 3, pp. 97-109.

IL PROGETTO DEL PAESAGGIO NELL'INTERAZIONE TRA NATURA E CULTURA: IL RUOLO GENERATIVO DELLA COMUNITÀ

Raffaella Riva¹

Abstract

La consapevolezza delle emergenze ambientali e sociali, porta le istituzioni culturali ad assumere il ruolo di driver dello sviluppo. Con la cultura si crea capitale sociale e si promuove il ruolo della memoria per la costruzione di un futuro condiviso, superando i paradossi dell'era digitale che apre a flussi di informazione e partecipazione potenzialmente infiniti, ma opera con modelli chiusi ed esclusivi. Il testo riflette sulla trasferibilità delle pratiche ecomuseali di capacitazione, partecipazione e approccio eco-sistemico allo sviluppo, per il progetto del paesaggio.

Keywords: Progetto, Paesaggio, Partecipazione, Capacitazione, Adaptive reuse, Valorizzazione

¹ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, raffaella.riva@polimi.it

Il progetto del paesaggio nell'era digitale, tra sostenibilità e partecipazione

L'attuale contesto scientifico, socio-economico e culturale esprime una diffusa consapevolezza di fronte alle emergenze ambientali e sociali, che si traduce nella ricerca di equilibrio tra tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo economico, implementando processi circolari di rigenerazione, riuso delle risorse, riduzione dei consumi, collaborazione.

Dalle politiche globali all'intervento locale si sperimentano modelli e strumenti che promuovono elaborazione di strategie condivise, multiscalarità e adattabilità delle azioni proposte, in accordo con gli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'ONU per lo Sviluppo Sostenibile. Si opera in una logica ecosistemica, coniugando le risorse naturali, gli elementi antropici, gli aspetti economici, i valori materiali e immateriali che strutturano il territorio; in altri termini si "governa" il paesaggio nella dimensione complessa che gli attribuisce la Convenzione Europea. Per farlo occorre in primo luogo avviare un processo di riconoscimento del valore del paesaggio stesso che, per la sua natura di sistema di relazioni percepito da una collettività, non può che essere partecipato. In realtà si tratta di un processo complesso da attuare perché sovrappone interessi pubblici e privati, proprietà giuridica e culturale dei beni, saperi esperti e non esperti, conoscenze tecniche e conoscenze maturate con la pratica e l'esperienza diretta, necessità di fornire risposte adattive di sviluppo e modelli di crescita chiusi e predeterminati (Fanzini et al., 2019).

Un primo livello di complessità riguarda la gestione del paesaggio come bene comune, strutturando reti di relazioni durevoli tra i soggetti a diverso titolo coinvolti nel processo, e definendo strumenti in grado di creare consenso attorno alle scelte strategiche e operative. Ciò presuppone una assunzione di responsabilità a tutti i livelli della comunità, con una presa di coscienza critica degli effetti causati dallo sviluppo.

Un secondo livello di complessità riguarda la capacità progettuale richiesta dalla trasformazione di un bene comune. Si rende necessaria una conoscenza approfondita delle stratificazioni che strutturano il paesaggio per avanzare proposte rispettose delle identità locali, superando il rapporto conflittuale tra conservazione e fruizione delle risorse, spostandosi da una logica di sola tutela, seppure fondamentale, verso una logica di valorizzazione intesa come capacità di mantenere in vita i patrimoni,

innovando e rigenerando beni che hanno progressivamente perso la loro funzione originaria.

Un terzo livello di complessità è poi legato alla diffusione delle tecnologie digitali, che introducono nuovi modi di percepire il paesaggio. Oggi attraverso le immagini digitali si ha una "conoscenza" indiretta di luoghi anche geograficamente distanti, ampliando a livello potenzialmente infinito le possibilità di esplorare il territorio con un elevato livello di dettaglio. Difficilmente però si riescono a trasmettere, con un analogo livello di approfondimento, la componente "multisensoriale" del paesaggio, non surrogabile e legata a una esperienza soggettiva e diretta, così come la componente "culturale" data dallo stratificarsi di saperi, memorie e valori immateriali, che solo una conoscenza maturata nel tempo è in grado di restituire. In questo senso le tecnologie digitali, strumenti efficaci di analisi e progetto, rischiano di veicolare una "immagine" semplificata del paesaggio, favorendo, quando male interpretate, un approccio acritico alla trasformazione del territorio.

Questi livelli di complessità hanno implicazioni rispetto sia all'attribuzione di valore al paesaggio, sia all'individuazione delle trasformazioni appropriate che lo stesso è in grado di assorbire. Si rende perciò necessaria «una lettura critica del paesaggio in senso più generale come categoria delle trasformazioni della contemporaneità, nella prospettiva sempre più cogente di uniformazione e omologazione dei processi e degli artefatti che trasformano luoghi, territori, città e paesaggi; per introdurre una diversa consapevolezza sugli esiti di tali mutamenti e orientare i progetti alle diverse scale. Una presa di distanza da un presente che, in assenza di storicizzazione, appiattisce ogni proposta, sinonimo di uniformità e di omologazione, senza una dialettica con il contesto, la sua storia, peculiarità, vocazioni e potenzialità» (Schiaffonati, 2019, p. 12). Solo a partire da questa lettura critica il progetto è strumento di trasformazione e di "invenzione" di nuovi paesaggi, per migliorare la vivibilità del territorio.

Il ruolo della cultura per la costruzione di comunità aperte

In termini di vivibilità di un territorio, i migliori risultati si raggiungono con interventi di sviluppo locale che operano con un approccio olistico, in una logica di rigenerazione e *adaptive reuse*, con il coinvolgimento di *team* multidisciplinari, la promozione di forme di co-progettazione, e la creazione di partena-

riati pubblico-privati ampi e partecipati (Gustafsson and Mellár, 2018). Interventi basati sulla partecipazione, intesa come processo di informazione, consultazione, ma anche deliberazione e coinvolgimento attivo della comunità.

In Italia l'area della Tecnologia dell'Architettura da sempre esprime una forte tradizione nel campo della progettazione partecipata, dalla democrazia progettuale di Marco Zanuso maturata con l'esperienza olivettiana, fino alle più recenti esperienze di *project anticipation* che vedono le neuroscienze affiancare e supportare le discipline del progetto (Fanzini and Rotaru, 2018). Tuttavia questi modelli partecipativi sono difficili da attuare su larga scala, come richiede il progetto eco-sistemico del paesaggio, per una mancata abitudine al confronto e alla ricerca di compromessi tra interessi diversi, e per un *gap* culturale nella comunità.

In questo contesto le istituzioni culturali possono assumere il ruolo di *driver* dello sviluppo, facilitando i processi e contribuendo alla creazione di capitale sociale, diffondendo la "cultura della sostenibilità", la ricerca di risposte resilienti alle sfide della globalizzazione e la formazione dei soggetti coinvolti nei processi deliberativi. È in questa direzione che va letta la loro progressiva apertura verso il territorio e la società, con l'impegno a contribuire in modo concreto al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, al contrasto al *climate change*, alla gestione delle emergenze e delle emigrazioni, massimizzando gli impatti positivi della cultura sui sistemi locali per accrescere il benessere delle comunità (OECD Secretary-General and ICOM Secretariat, 2018)¹. E analogamente va letta anche l'apertura verso le tecnologie digitali, in quanto strumenti per la comunicazione contemporanea in grado di ampliare l'accesso alla cultura, e accrescere l'esperienza culturale con contenuti virtuali e di realtà aumentata (Bonacini, 2011; Aliprandi and Dal Pozzolo, 2019).

La cultura sensibilizza la comunità sull'importanza della memoria per la costruzione di un futuro condiviso, stimolando la produzione di "co-narrazioni", ovvero atti creativi di lettura del passato, ma anche interpretazione dei suoi impatti sul presente e quindi valutazione delle ricadute (Brown et al., 2019).

Con il tramite della cultura si educa all'impiego di strumenti adattivi per la costruzione di "città e comunità aperte", favorendo la partecipazione degli abitanti alla definizione di una forma urbana complessa che sia espressione della ricchezza data dalla diversità (Sennett, 2018).

Buone pratiche mutuata dall'esperienza ecomuseale

L'interazione tra sistema fisico, socio-economico e culturale è possibile solo attivando una dimensione comunitaria e identitaria dei luoghi che, dal rafforzamento del senso di appartenenza, inneschi nella collettività effetti di riappropriazione progettuale. Il primo passaggio di questo processo è la "capacitazione", per accrescere le competenze affinché ciascuno possa essere portatore di conoscenze funzionali al progetto.

Con riferimento a ciò è interessante l'esperienza di ecomusei e musei di comunità. La 24esima Conferenza generale ICOM "Museums and cultural landscapes", tenutasi a Milano nel 2016, ha riconosciuto loro un ruolo di indirizzo nella gestione dei beni comuni e in particolare del paesaggio. Le buone pratiche matu-

rate in campo ecomuseale - mappe di comunità, contratti di lago e di fiume, bilanci sociali e partecipativi, marchi collettivi, *smart tourism* - prefigurano opportunità per la sperimentazione di forme avanzate di *governance*, laboratori di partecipazione a livello urbano per la formazione di una democrazia di prossimità, e a livello culturale per lo sviluppo di una coscienza di tutela attiva dei beni comuni e di gestione condivisa dell'ecosistema urbano (Riva, 2017).

Tra le buone pratiche, le mappe di comunità "raccontano" il territorio dal punto di vista della popolazione, in modo soggettivo e contestualizzato. Significativa l'esperienza della Puglia con il coordinamento del Sistema Ecomuseale del Salento dove, a supporto della fase conoscitiva del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale PPTR, sono stati attivati sul territorio laboratori per promuovere la partecipazione attraverso la redazione delle mappe di comunità. I risultati ottenuti sono stati inseriti fra gli strumenti attuativi del PPTR sotto forma di indicazioni per il progetto del paesaggio².

Risposte resilienti e adattive derivano dai contratti di fiume e di lago, accordi volontari per la gestione ambientale del paesaggio. Un esempio è il contratto di lago promosso e gestito dall'Ecomuseo del Lago d'Orta e Mottarone in Piemonte, stipulato nel 2018 tra Regione, Province di Novara e Verbania-Cusio-Ossola, soggetti economici e associativi. L'accordo è stato siglato con gli obiettivi di valutare la situazione idrogeologica del bacino compromesso dagli scarichi industriali chimici, migliorare lo stato ecologico delle acque, riqualificare i sistemi ambientali e le aree industriali dismesse, valorizzare il paesaggio e il patrimonio culturale diffuso, incentivare la cura e la manutenzione degli spazi pubblici, condividere e diffondere la conoscenza³.

Nell'ambito della redazione dei bilanci sociali interessante è l'esperienza della Rete degli Ecomusei del Trentino che dal 2010, con il finanziamento di Fondazione Caritro, ha avviato un processo per la rendicontazione sociale dei singoli ecomusei e della rete nel suo complesso. Attraverso il bilancio sociale l'ecomuseo in una prima fase effettua un'autoanalisi, definisce poi le sue linee strategiche di indirizzo e infine rende conto alla comunità delle scelte, del processo e dei risultati sociali conseguiti⁴.

Nuove economie vengono generate dagli ecomusei attraverso la creazione di marchi collettivi. In questa direzione si muove l'Ecomuseo delle Acque del Gemonese, in Friuli Venezia Giulia, con il progetto "Pan di Sorc" che ha reintrodotto l'intera filiera produttiva del mais a ciclo vegetativo breve. Oggi il *pan di sorc* è un marchio collettivo e un presidio Slow Food. La sua reintroduzione ha portato al recupero del paesaggio agrario storico e a nuove possibilità di impiego⁵.

In tema di promozione territoriale caso studio interessante è l'Ecomuseo Casilino Ad Duas Lauros nel Municipio Roma V, dove il censimento partecipato delle risorse culturali e naturali è diventato l'occasione per lo sviluppo di nuove infrastrutture tecnologiche per lo studio e la valorizzazione turistico-culturale del territorio. Con la collaborazione del Laboratorio SmartTourism dell'Università "Tor Vergata", dal 2016 l'Ecomuseo si è dotato di una piattaforma tecnologica che organizza i dati consentendo di sperimentare declinazioni dello *smart tourism*, dalle *App* all'*Augmented Reality*. I percorsi partecipativi di mappatura del territorio hanno consentito anche di giungere nel 2019 alla redazione di un Piano di assetto urbanistico per il Comprensorio

1 In Italia a questo scopo è stato istituito il gruppo di lavoro trasversale "Cultura per lo sviluppo sostenibile" nell'ambito di ASviS Alleanza per lo Sviluppo Sostenibile.

2 Cfr. Riva, 2017, e Baratti, F. (2012), *Ecomusei, paesaggi e comunità. Esperienze, progetti e ricerche nel Salento*, Franco Angeli, Milano.

3 Cfr. Piana, S. (2018), "Contratto di lago. Come si concilia la protezione dell'ambiente con la promozione turistica", *Piemontese.it*, 31 gennaio, <http://www.piemontese.it/2018/01/31/contratto-di-lago-come-si-concilia-la-protezione-dellambiente-con-la-promozione-turistica-di-samuel-piana/> (accesso 10 aprile 2020).

4 Cfr. <https://www.ecomusei.trentino.it/attivita/bilancio-sociale> (accesso 10 aprile 2020).

5 Cfr. Riva, 2017 e <http://www.pandisorc.it/> (accesso 10 aprile 2020).

Casilino a Tor Pignattara, per contrastare abusivismo e speculazione edilizia, salvaguardando la memoria dell'Agro Romano⁶.

Non si tratta di strumenti inediti, il valore aggiunto dell'approccio ecomuseale è però dato dall'azione basata sulla partecipazione e sulla cooperazione, valorizzando innanzitutto le relazioni sociali. Con questa logica opera ad esempio l'Ecomuseo del Paesaggio di Parabiago che a nord di Milano, lungo il fiume Olona, è riuscito a convogliare risorse e interessi di diversi soggetti per un vero e proprio "rinascimento" ambientale e sociale del territorio⁷.

Trasferibilità dell'approccio ecomuseale al progetto del paesaggio urbano

Gli ecomusei sono ambienti idonei e ricettivi dove sperimentare e misurare l'efficacia di modelli avanzati di *governance*, ed è utile mutuare da essi pratiche di capacitazione e partecipazione in grado di superare l'*empasse* progettuale che spesso si genera laddove manca la disponibilità ad assumersi l'onere delle scelte, con la rinuncia del pubblico al ruolo di orientamento e coordinamento, e del privato a sostenere gli interessi della collettività. In particolare tale *empasse*, più evidente nei contesti urbani dove forti sono le pressioni economiche, mostra l'inefficacia di modelli di sviluppo centralizzati, sovraordinati rispetto alle dinamiche delle comunità insediate.

In ambito metropolitano una risposta viene da modelli di sviluppo che promuovono una democrazia di prossimità. Il caso milanese in questo è emblematico, con le sperimentazioni del bilancio partecipato, il dibattito pubblico sulla riapertura dei Navigli, gli interventi di urbanistica tattica per la riqualificazione partecipata di alcune criticità urbane. In realtà si tratta di sperimentazioni spesso ancora "calate dall'alto", senza radicamento nella comunità e una reale partecipazione deliberativa, che in molti casi hanno portato a risultati effimeri o di dubbia qualità urbana. Anche nel contesto milanese assumono allora valore le esperienze promosse dalle associazioni e dalle istituzioni culturali per la capacitazione della comunità. Il riferimento è ad esempio all'Associazione culturale Urban Curator TAT Tecnologia Architettura Territorio che indaga il tema della qualità urbana, promuovendo un ruolo attivo della popolazione e dei Municipi rispetto all'accentramento nei processi decisionali, avanzando e discutendo con gli *stakeholder* sperimentazioni progettuali "dal basso" per il comparto sud-orientale della città⁸. Ma anche alle attività di sensibilizzazione e formazione della realtà ecomuseale milanese, in forte crescita: all'Ecomuseo Urbano Metropolitan Nord Milano, riconosciuto dalla Regione nel 2009, che opera a Niguarda con il Municipio 9, si sommano oggi i cantieri dell'Ecomuseo MUMI Milano Sud attivo nei Municipi 6 e 5, l'Ecomuseo della Vettabbia e dei Fontanili nell'ambito del Municipio 4, e l'Ecomuseo Martesana nel Municipio 2⁹. Esperienze in grado di rifondare il progetto del paesaggio urbano, promuovendo la memoria, i saperi locali, la ricucitura della città con i suoi territori contermini, e anche l'impiego delle nuove tecnologie per la comunicazione, l'accesso alle informazioni e il coinvolgimento più ampio della comunità.

Tali esperienze mostrano la necessità di aggiornare il progetto del paesaggio e dello spazio pubblico, mettendo in discussione i processi autorizzativi e le competenze dei decisori e delle commissioni tecniche a supporto, in favore di una valorizzazione e di un maggior coinvolgimento dei saperi che il territorio esprime. In questo senso ecomusei e associazioni culturali possono assumere un ruolo inedito nelle pratiche di progetto, cura e presidio dei beni comuni, partecipando ai tavoli che definiscono l'assetto dei nuovi paesaggi, fornendo un supporto tecnico e culturale ai soggetti intermedi che promuovono una democrazia di prossimità, capacitando la comunità e dando concretezza ai principi di sussidiarietà. Un aggiornamento nella direzione di una auspicata riforma dell'urbanistica in grado di supportare efficacemente le politiche per la città, andando oltre la dimensione fisica del territorio, verso una trasformazione dell'ambiente costruito nella sua piena dimensione ecosistemica¹⁰.

References

- Aliprandi, D. and Dal Pozzolo, L. (2019), "Cultura e digital transformation: tracce di una svolta (forse già avvenuta)", available at: www.symbola.net/approfondimento/cultura-e-digital-transformation-tracce-di-una-svolta-forse-gia-avvenuta-di-damiano-aliprandi-e-luca-dal-pozzolo/ (accessed 13 March 2020).
- Bonacini, E. (2011), *Nuove tecnologie per la fruizione e la valorizzazione del patrimonio culturale*, Aracne, Roma, IT.
- Brown, K.E., Davis, P. and Raposo, L. (2019), "On Community and Sustainable Museums", available at: www.eulacmuseums.net (accessed 13 March 2020).
- Fanzini, D. and Rotaru, I. (2018), "Project anticipation as a tool for built environment social resilience", *Techne*, vol. 15, pp. 101-107.
- Fanzini, D., Tartaglia, A. and Riva, R. (2019b), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, IT.
- Gustafsson, C. and Mellár, B. (2018), Research for CULT Committee - Best practices in sustainable management and safeguarding of cultural heritage in the EU, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels
- OECD Secretary-General and ICOM Secretariat (2018), Culture and local development: maximising the impact. Guide for Local Governments, Communities and Museums, OECD/ICOM, Brussels
- Riva, R. (2017), *Ecomuseums and cultural landscapes. State of the art and future prospects*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, IT.
- Schiaffonati, F. (2019), *Paesaggi milanesi. Per una sociologia del paesaggio urbano*, Lupetti, Milano, IT.
- Sennett, R. (2018), *Costruire e abitare. Etica per la città*, Feltrinelli, Milano, IT.

6 Cfr. Riva, 2017 e <http://www.ecomuseocasilino.it/percorsi/> (accessed 10 April 2020).

7 Cfr. Fanzini, D., Riva, R. e Dal Santo, R. (2019), "Pact for the river renaissance of the Olona Valley", *SMC Sustainable Mediterranean Construction*, vol. 10, pp. 69-73.

8 L'Associazione, presieduta da Fabrizio Schiaffonati, è nata nel 2017 su un comune interesse di docenti universitari, architetti, professionisti, urbanisti, studiosi di problemi economico-sociali e cittadini. Per approfondimenti si vedano: UCTAT (ed) (2018), *Proposte e progetti per il sud Milano. Il ruolo dei Municipi*, Notizie dal Comune, Milano; e UCTAT (ed) (2020), *Una strategia per il sud-est di Milano. L'hub di Rogoredo. Progetti, operatori, infrastrutture e valorizzazione ambientale*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

9 Per approfondimenti si rimanda ai siti: <https://www.eumm-nord.it/>, <https://www.mumi-ecomuseo.it/>, <https://www.ecomuseovettabbiafontanili.it/>, <https://www.ecomuseomartesana.it/it/> (accessed 10 April 2020).

10 È quanto sostiene Francesco Karrer nell'articolo "Riflessioni sulla necessaria riforma urbanistica", *InGenio*, 3 aprile 2020: <https://www.ingenio-web.it/26380-francesco-karrer-riflessioni-sulla-necessaria-riforma-urbanistica> (accessed 10 April 2020).

PATTERN URBANI E INTERNET OF NATURE

TECNOLOGIE DIGITALI E STRATEGIE INNOVATIVE PER L'APPROCCIO ECO-SISTEMICO AL PROGETTO

Anita Bianco¹**Abstract**

Il paper esamina la relazione tra uomo e natura al contemporaneo affermarsi delle tecnologie digitali analizzando le risposte che pervengono dall'architettura attraverso un approccio eco-sistemico. Alle contraddizioni contemporanee, impatti ambientali e sviluppo delle tecnologie, si guarda con fede al sistema del verde (Green Infrastructure) che può contribuire attraverso i servizi eco-sistemici e all'Internet of Nature alla gestione della città contemporanea, a nuove interazioni e portare benefici puntando alla resilienza urbana.

Keywords: Progettazione Ambientale, Climate Change, Green Infrastructure, Approccio Eco-sistemico, NBS, Internet of Nature

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, anita.bianco@unina.it

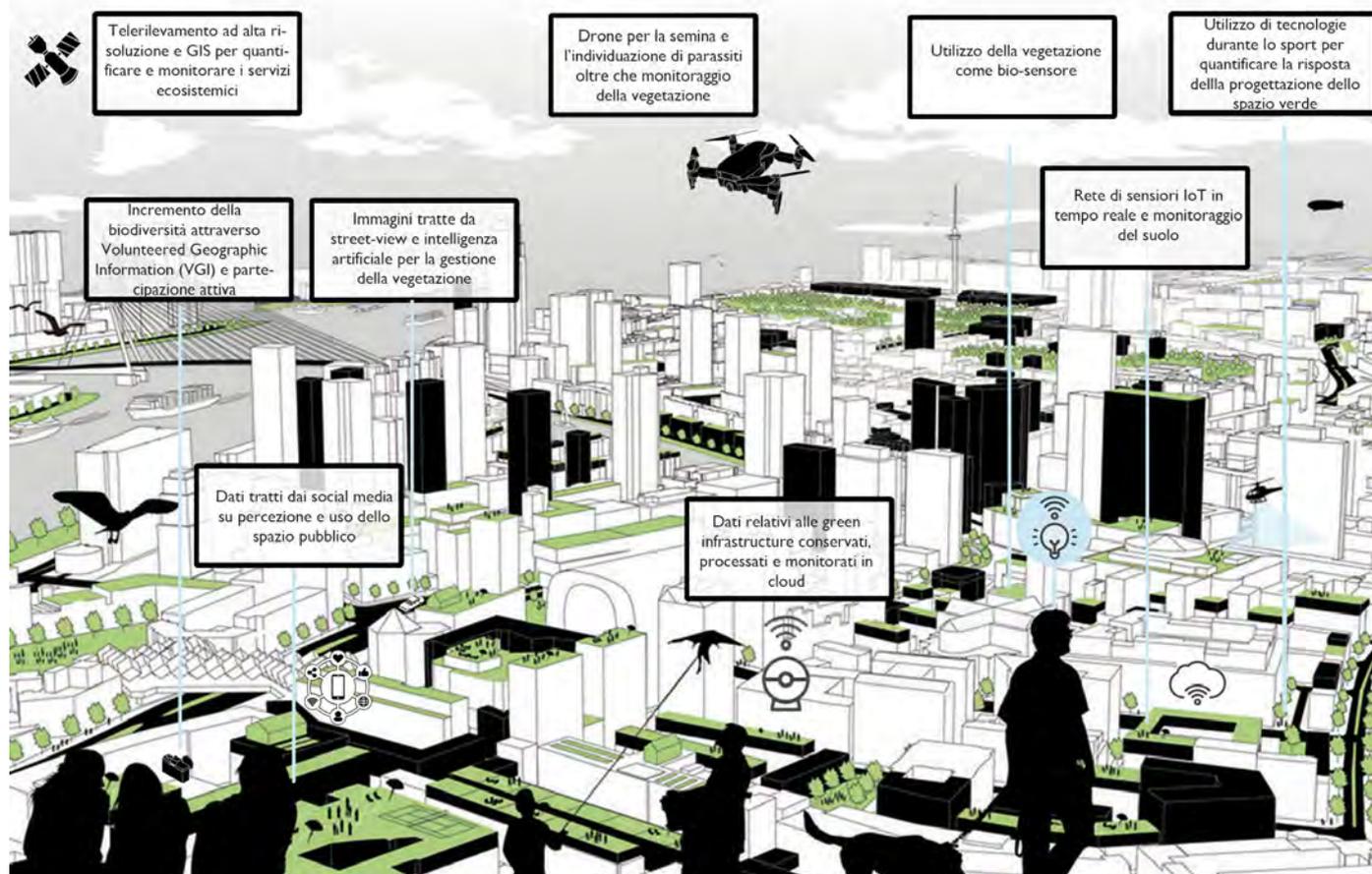


Fig. 1

Introduzione

Il rapporto controverso tra l'uomo e la natura ha subito alterni andamenti dovuti all'incidenza del progresso tecnologico. Come racconta Banham (Banham, 1970), con l'avvento della fase matura dell'industrializzazione, l'uomo ha guardato con fiducia al progresso tecnologico sentendosi capace di superare i suoi limiti e ottenere un benessere diffuso basandosi su fattori di correzione di condizioni di comfort attraverso le componenti edilizie e impiantistiche. La questione di fondo si sposta sulla interazione fra tecnologia e ambiente, senza tuttavia tener conto degli impatti che i cicli tecnologici possano indurre sui cicli biologici.

Evidenziando una forte consapevolezza ambientale, Fuller nel 1968 propone di immaginare la Terra come un'astronave che viaggia nello spazio, ma le cui provviste stivate sottocoperta non sono infinite, e di conseguenza richiama alla necessità di farne buon uso (Fuller, 1968). Egli infatti ritiene ogni creatura vivente ha un impatto sull'ambiente. Fuller trae la sua osservazione dal concetto di evoluzione, essenzialmente proponendo un sistema dinamico, una catena di reazioni consecutive in cui l'uomo non è l'unico ad aver alterato il suo ambiente e conseguentemente anche l'ambiente stesso trasforma i comportamenti e l'esistenza degli uomini e animali.

Negli stessi anni anche Maldonado si interessa della "questione ambientale". Egli si sofferma sul concetto di "ambiente umano", «il mondo che ci circonda nel quale viviamo, della nostra inclusione e della nostra azione», che si differenzia per il valore culturale, «perché è nel compito di dare struttura e senso al suo intorno che l'uomo realizza e consolida il mondo culturale che gli è proprio e inalienabile», e perciò richiama la necessità per coloro che vi lavorano di contribuire alla qualità (Maldonado, 1966, p.202). Maldonado si riferisce all' "ambiente umano", definito dalla relazione ambiente-artefatti per differenziarlo dall'ambiente delle specie viventi, suggerendo di abbandonare la visione biblica del mondo secondo cui esso è stato passivamente ereditato dall'umanità. L'"ambiente umano", rappresenta quella realtà che per secoli ha rappresentato «il mondo concreto ove abbiamo profuso i nostri sforzi affannosi per vivere convivere e sopravvivere» (Maldonado, 1970, p.16). Maldonado, Fuller e Banham sviluppano il loro pensiero e la loro attività progettuale parallelamente all'emergere dei movimenti ambientalisti e della coscienza ecologica che pervade una parte rilevante del mondo della ricerca progettuale con un nuovo senso di consapevolezza per i preoccupanti impatti ambientali dell'antropizzazione. I movimenti ecologisti ritengono l'ambiente umano come uno dei tanti sottosistemi che compongono il vasto sistema ecologico della natura, denunciando l'uomo come l'*agente provocateur*; la coscienza operante sul suo intorno fisico e socioculturale. Maldonado denuncia tuttavia la fugacità nell'affrontare il problema dell'inquinamento da parte dei movimenti ambientalisti, quasi attraverso una "moda ecologica", riconoscendo però al tempo stesso di avere contribuito allo sviluppo di una nuova coscienza.

Acquisita questa consapevolezza, una risposta può avvenire solo attraverso una "speranza progettuale" con un importante ruolo svolto dalla Progettazione Ambientale, una disciplina che negli anni si è arricchita di nuovi contenuti, incorporando le tematiche e le problematiche contemporanee sull'ambiente e capace di rispondere efficacemente alle sfide ambientali nei

contesti territoriali e urbani con azioni concrete attraverso il progetto. Con la qualificazione ambientale, l'approccio al progetto diviene non-autoreferenziale e considera un "nuovo" intorno, una concezione dell'habitat che non si limita ai soli aspetti fisico-formali, ma che si focalizza anche sulle determinazioni immateriali del progetto, con un'idea orientata di sostenibilità ambientale e socioeconomica correlata agli approcci della governance ambientale urbana (Schiaffonati et al., 2011).

Strategie per lo sviluppo di green infrastructure nella città contemporanea

Gli effetti del cambiamento di prospettiva determinato dal progresso tecnologico si riflettono chiaramente anche sulla forma e sui contenuti degli insediamenti urbani. Le città sono state costruite velocemente, con uno spirito moderno e speculativo, vedono allo stesso tempo la progressiva messa in crisi del concetto del verde urbano da questione urbana (come occasione delle relazioni dirette fra parti costruite e società, espressione della cultura materiale) a un problema ambientale di ordine superiore (come esigenza per contrastare gli impatti climatici che rappresentano un grave rischio non solo urbano ma socio-economico). Le città possono considerarsi come parte di un ecosistema urbano, in cui gli organismi interagiscono tra loro e con l'ambiente, formando reti e flussi di energia, presentando un carattere diverso di quello rurale per la presenza dell'uomo che determina perdita di biodiversità autoctona e riduzione dell'integrità ecologica (Galle et al., 2019). Questo non è causato solo dalle condizioni estreme degli ambienti urbani, ma anche dalla complessità della gestione ecologica e alla capacità di governare la natura.

Per far fronte a queste problematiche si guarda con fiducia alla "rinaturalizzazione" degli ambiti urbani attraverso le infrastrutture verdi¹ (GI) e le *Nature-based Solution*² (NBS) che, attraverso un approccio multiscale, forniscono dai *pattern* urbani di cui essi si compongono e dai loro processi di interazione servizi ecosistemici conferendo i benefici ambientali e funzionali (Ahern, 2007). Questo concetto mira più in generale ad un approccio *nature based* come un'occasione di rigenerazione dei tessuti urbani con logiche che ne migliorino le performance nel ciclo di vita, anche attraverso l'uso di tecniche che si fondano sull'uso consapevole di elementi naturali. Se gestite all'interno di una visione progettuale consapevole, non solo permettono di intervenire sugli spazi pubblici urbani e sugli edifici in un'ottica rigenerativa, ma mirano anche a comportare miglioramenti di carattere gestionale e risparmi economici diretti e indiretti (Musinelli et al., 2018).

I servizi ecosistemici si occupano del mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema e del benessere dell'ambiente, risultando importanti per la resilienza dell'intero sistema urbano. I servizi riguardano l'apporto di regolazione (come la regolamentazione locale del clima), di supporto (come la salvaguardia di habitat per determinate specie viventi, per ciò che riguarda il mantenimento della biodiversità), di approvvigionamento (nel caso dei sistemi urbani per quanto riguarda cibo o acqua dolce), e di servizi culturali (quali il valore socio-culturale, il valore dei luoghi, il senso di comunità e identità, nonché il benessere come salute mentale e fisica, l'equità sociale e il valore educativo). Utilizzare un approccio di tipo eco-sistemico nel progetto ambientale può dunque prendere in considerazione molteplici

1 Le infrastrutture verdi (*Green Infrastructure* o GI) sono generalmente definite come "una rete interconnessa di aree naturali e altri spazi che preserva i valori e le funzioni degli ecosistemi naturali, sostiene l'aria e le acque pulite e offre una vasta gamma di benefici per le persone e la fauna selvatica" (Benedict e McMahon, 2006).

2 Le NBS sono soluzioni tecniche ispirate dalla natura per rispondere a un'esigenza di carattere prettamente funzionale sia utilizzando e valorizzando le soluzioni esistenti sia esplorandone di nuove. Esse si caratterizzano per la possibilità di essere aggregate in sistemi multifunzionali in grado di generare significativi valori aggiunti.

aspetti che riguardano la relazione uomo-natura nella promozione di spazi *climate proof* fino all'interazione tra gli individui nello studio dei comportamenti riferiti ai principi insediativi. Le tecnologie materiali - GI e NBS - e immateriali contribuiscono all'approccio eco-sistemico e migliorare la qualità della vita e mitigare gli stress ambientali.

Interazioni uomo-natura e innovazione digitale: dall'*Internet of Things* all'*Internet of Nature*

La capacità delle tecnologie digitali nel far circolare una vastità di informazioni ha condizionato vite, economie, cultura e società determinando nuove modalità di comunicazione e governance in molti ambiti di tipo socio-economico e ambientale. Le tecnologie di rilevamento – anche in termini ormai di IoT – forniscono informazioni e dati sulla città come sistema socio-ecologico che risultano utili nelle analisi, nella modellazione e nella previsione, contribuendo in modo innovativo ad un approccio partecipativo fondamentale in un'ottica di sviluppo sostenibile. L'*Internet of Things* (IoT), inteso nella capacità di raccogliere dati e informazioni da vari sistemi urbani permettono di estendere il concetto a processi e ambienti diversi.

La recente ricerca in campo ambientale guarda con interesse al principio dell'*Internet of Nature*, ossia una rete dinamica tra gli oggetti naturali che fanno parte dell'ecosistema attraverso le tecnologie digitali dell'IoT, utilizzando tecnologie materiali e immateriali per migliorare la gestione urbana e ambientale. Esse rappresentano una parte dello *smart environment* ricoprendo più ruoli: infatti, alla scala territoriale possono essere utilizzate per il monitoraggio della struttura del verde nei suoi vari assetti costitutivi attraverso il telerilevamento satellitare (LiDAR), nella valutazione dell'integrazione fra *Gray e Green Infrastructure* oltre che di NBS per l'ottimizzazione delle prestazioni del sistema edificato. Il loro utilizzo può fungere da facilitatore nei processi decisionali, nella raccolta di dati per contrastare impatti ambientali, isole di calore urbane e assorbimento dell'inquinamento atmosferico, nel monitoraggio di acque piovane tramite reti di sensori. Fondamentale è l'utilizzo di *cloud* per l'archivio dei dati e la comunicazione in tempo reale tra la rete IoN e la città. Lo sviluppo delle IoN nella città necessita di un approccio di sistema, un adeguamento che vede coinvolti tutti gli attori interessati, aggiornati nelle loro *know how*, una gestione dei dati standardizzata, trasparente e nel pieno rispetto della privacy, che rovescia il modo tradizionale di rapportarsi al progetto (Fig. 1).

Alcuni esempi testimoniano la validità di tali approcci innovativi. Nella città di New York per fronteggiare gli impatti climatici si è incentivata, attraverso politiche locali *water sensitive*, la realizzazione di NBS da parte dei privati attraverso linee guida per poi monitorare i vari sviluppi del progetto attraverso una mappa interattiva (che specifica dati di progetto, tipologia e stato di avanzamento) su piattaforma ArcGIS³. In questo senso l'IoN, si collega al grande sistema socio-ecologico della città, per la modellazione e la previsione degli impatti ambientali incrementando quei servizi ecosistemici di tipo regolativo. I servizi culturali presentano maggiori difficoltà operative perché dipendono dalla percezione del singolo utente ma l'impiego di tecnologie come i *social media* può aiutare a superare questo *gap* con il *crowdsourcing* (informazioni della massa). Essi sono piattaforme basate su *Volunteered Geographic Informations* cioè contenuti generati volontariamente dagli utenti che geolocalizzandosi for-

niscono informazioni circa gli eventi (da quelli ricreativi a disastrosi), ma anche conoscenza in termini di uso che in maniera democratica, trasparente, inclusiva e *site specific* incorporando le esigenze e le priorità locali (Guerrero et al., 2016) (Fig. 2).

Nell'ambito della ricerca applicata, con l'obiettivo di realizzare piattaforme innovative abilitanti, la Fondazione Tiche⁴, ha stipulato un accordo attuativo che vede il coinvolgimento di diversi partner oltre che alcuni dipartimenti dell'Università Federico II, tra cui anche il DiARC e la direzione del Museo e Real Bosco di Capodimonte denominato "progetto *Cherie*" per la realizzazione di un ambiente interoperabile per il patrimonio culturale dove risalta il ruolo delle tecnologie quali catalizzatori di un nuovo ed inedito rapporto tra sito culturale, ambiente e società.

Con l'IoN l'interazione utente-ambiente è incentivata nei processi di pianificazione, di progettazione e riqualificazione dello spazio aperto in chiave ambientale. Permette attraverso l'analisi dei dati di riconoscere i valori culturali in rapporto all'ambiente urbano, di analizzare gli aspetti relazionali tra edifici e spazi aperti e comunità, aiutando nel monitoraggio delle vulnerabilità locali e nelle richieste dell'utenza puntando alla qualità ambientale e alla resilienza urbana. L'IoN fornisce una risposta innovativa nell'approccio ecosistemico e interscalare grazie alla multifunzionalità delle GI e delle NBS che diventano dei *drivers* per la raggiungibilità di un nuovo equilibrio uomo-natura grazie al progetto tecnologico-ambientale.

References

- Ahern, J. (2007), "Green infrastructure for cities: the spatial dimension" in V. Novotny and P. Brown (ed.), *Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management*, London: IWA Publishing, pp. 267-283.
- Banham, R. (1970), *Architettura della prima età della macchina*, Edizioni Calderini, Bologna, IT.
- Benedict, M.A. and McMahon, E.T. (2006), *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities in Landscape Ecology*, Island Press Washington, DC, USA.
- Fuller, R. B. (1968), *Operating Manual for Spaceship Earth*, Lars Müller Publishers, Baden, D.
- Galle, N. J., Nitoslawski, S. A. and Pilla, F. (2019), "The Internet of Nature: How taking nature online can shape urban ecosystems", *The Anthropocene Review*, vol. 3, pp. 279-287.
- Guerrero, P., Möller, M. S., Olafsson, A. S., and Snizek, B. (2016), "Revealing cultural ecosystem services through Instagram images: the potential of social media volunteered geographic information for urban green infrastructure planning and governance", *Urban Planning*, vol. 2, pp. 1-17.
- Maldonado, T. (1970), *La speranza progettuale*, Einaudi, Torino, IT.
- Maldonado, T. (1966), "Verso una progettazione ambientale", in Maldonado, T. (1974), *Avanguardia e razionalità: articoli, saggi, pamphlets 1946-1974*, Einaudi, Torino, IT, pp. 202-215.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. and Malcevshi, S. (2018), "Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico", *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 116-123.
- Schiaffonati, F., Mussinelli, E., Gambaro, M., (2011), "Tecnologia dell'architettura per la progettazione ambientale", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 1, pp.48-53.

3 Negli USA l'approccio alle GI ha una concezione differente rispetto a quella europea, è rivolta soprattutto allo *stormwater management* e non è contemplata la nozione di rete e tutela della biodiversità. Available at <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/municipal-separate-storm-sewer-system.page>

4 La Fondazione TICHE – Technological Innovation in Cultural Heritage, è l'organismo di coordinamento e gestione del Cluster Tecnologico Nazionale (CTN) nel settore delle Tecnologie per il Patrimonio Culturale.

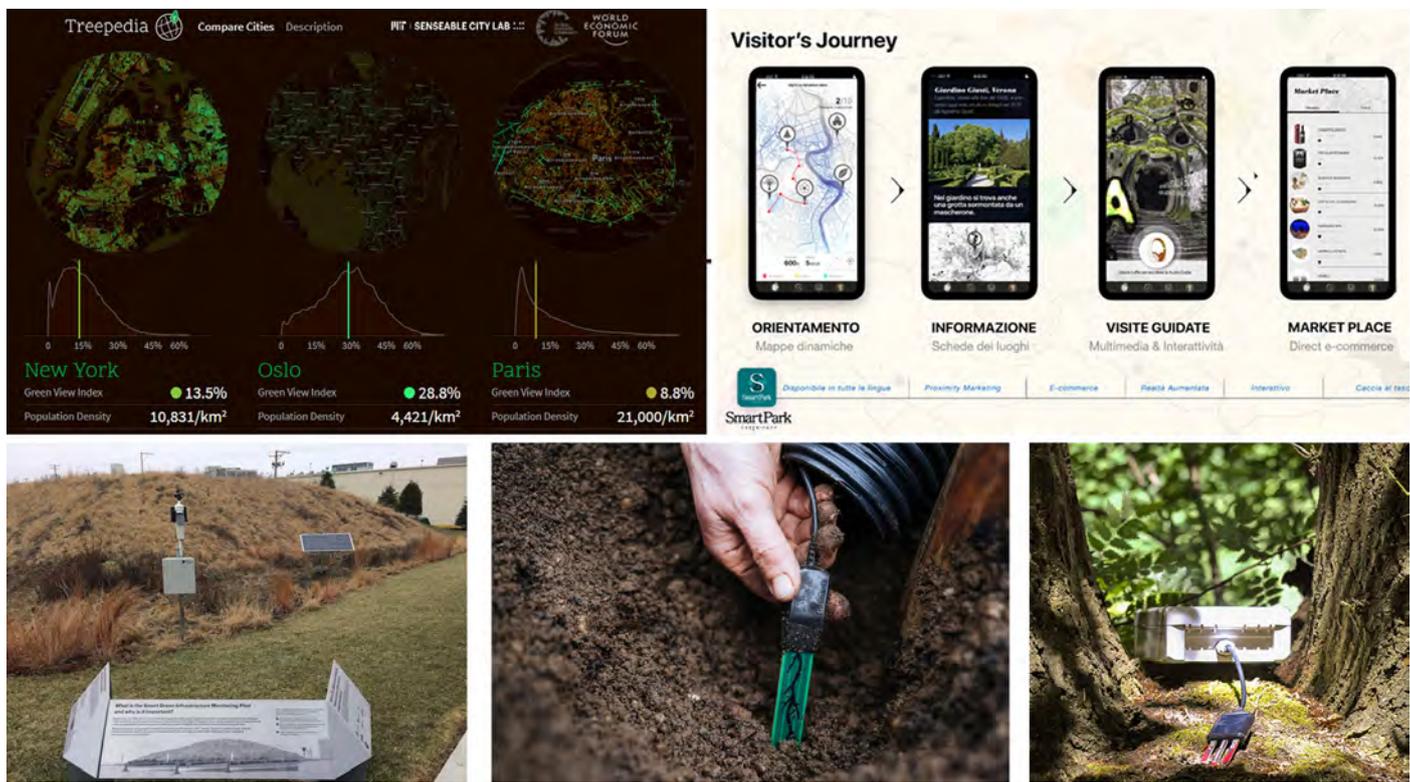


Fig. 2

Fig. 1 - Internet of Nature: esempi e applicazioni per la gestione delle green infra-structure. Rielaborazione a cura dell'autore: Dopepel Strikjkers (2012), "Rotter-dam Making inner city"

Fig. 2 - (in ordine da sx) Il MIT SENSEable City LAB (fra i cui fondatori vede Carlo Ratti) analizza la chioma degli alberi, perché più è rigogliosa la chioma, più energia viene assorbita. Attraverso l'analisi dei dati recepiti dall'uso di droni con camera infrarossi, hanno evidenziato come la massa verde più fiorente si comporta come un corpo scuro assorbendo, così, una modesta parte di radiazioni solari, dove una parte dell'energia solare è dissipata nell'aria in forma di calore sensibile e latente. Producendo come effetto l'aumento della temperatura atmosferica e una conseguente diminuzione della temperatura dell'aria, si ottiene una migliore evapotraspirazione dell'acqua. SmartPark Experience è un'applicazione per gestire e pubblicare contenuti di tipo esperienziale relativamente alla fruizione e percezione dei parchi. I sensori TreeMania raccolgono dati sull'umidità del suolo in tempo reale e inviano automaticamente aggiornamenti via e-mail/SMS ai manager. Rielaborazione a cura dell'autore: MIT SENSEable City LAB, 2016; smartparkexperience.eu; TreeMania.com

ISTANZE AMBIENTALI, CULTURA DIGITALE, APPROCCIO MANUTENTIVO DALLA RICERCA GLI STRUMENTI OPERATIVI

Maria Azzalin¹

Abstract

Al termine Antropocene si accostano oggi inediti neologismi, *infosfera*, *online*, *inforg*, che definiscono nuove dialettiche tra uomo-ambiente-informazione. Il settore delle costruzioni, forse più di altri, è chiamato a confrontarsi con le opportunità che ne derivano e al tempo stesso con l'esigenza di promuovere innovati processi progettuali, realizzativi e altrettanto innovative strategie manutentive. Assunti che il gruppo di ricerca coinvolto nella redazione del Protocollo ITACA Regione Calabria ha cercato di trasferire nella prassi introducendoli nei contenuti dell'Area e Qualità del servizio.

Keywords: Antropocene, Infosfera, Cultura digitale, Ciclo di Vita, Manutenzione, Protocollo ITACA

¹ dArTe- Dipartimento Architettura e Territorio, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, maria.azzalin@unirc.it

La “rivoluzione dell’informazione”: nuove possibili dialettiche uomo-ambiente

L'inquinamento, il costante aumento dei gas serra e il conseguente surriscaldamento globale, caratterizzano quella che Crutzen definisce “Antropocene”, la prima era geologica fortemente condizionata dagli effetti dell'azione umana e dello sviluppo tecnologico. Effetti che hanno spinto diversi studiosi, già a partire dagli anni '70, ad occuparsi con crescente attenzione di lotta al cambiamento climatico e di uso sostenibile delle risorse; e che, oggi, unitamente ad altre emergenze globali, sono percepiti come priorità assolute ed espressi nei 17 SDGs, *Sustainable Development Goals* declinati all'interno di Agenda 2030.

Contemporaneamente si vanno affiancando al concetto di Antropocene inediti neologismi che definiscono nuove dialettiche riferite al rapporto uomo-ambiente: *Iperstoria*, *Infosfera*, *Onlife*, secondo Floridi che le ha teorizzate, la cui chiave di volta è l'informazione.

Iperstoria è l'epoca in cui viviamo: “l'età dell'informazione”. Circa 6000 anni fa, il passaggio dalla preistoria alla storia è avvenuto grazie all'invenzione della scrittura, la prima tecnologia ICT, *Information Communication Technologies*, che ha permesso l'organizzazione strutturata delle informazioni e la loro trasmissione al futuro. Oggi, nell'*Iperstoria* «le tecnologie ICT sono divenute forze ambientali, antropologiche, sociali e interpretative. Esse creano e forgianno la nostra realtà fisica e intellettuale, modificano la nostra autocomprensione, cambiano il modo in cui ci relazioniamo con gli altri e con noi stessi e la nostra interpretazione del mondo» (Floridi, 2014).

L'*Infosfera*, d'altro canto, è la realtà attuale, re-ontologizzata. L'ambiente in cui esperiamo le nostre esistenze dove convivono digitale e analogico. Un nuovo ecosistema, globale, integrato, interconnesso e informazionale, un fitto reticolo di flussi di dati e informazioni simultaneamente condivise tra “agenti informativi” artificiali, le macchine, e naturali, gli individui, a prescindere, parafrasando Umberto Eco, se oltranzisti che si astengono dall'uso del digitale, o integrati ed entusiasti iperconnessi.

E in questo nuovo ambiente siamo *Onlife*, digitali e analogici, comunque “interagenti”.

È la quarta rivoluzione scientifica dopo quelle di Copernico, Darwin e Freud. La “rivoluzione dell'informazione” di Turing, come definita da Floridi, la cui portata e i cui effetti non siamo ancora perfettamente in grado di misurare né prevedere. Quel

che certamente è evidente, è che sta trasformando ogni aspetto della società, dall'economia alla cultura, dalla sfera pubblica a quella privata.

Una nuova dimensione, che mette in luce la “natura informazionale” dell'identità umana: l'uomo è *Inforg*, proiettato in una realtà fatta di “nodi”, “relazioni”, “reti”. *The Game*, come la definisce Baricco nel recente omonimo volume che, secondo l'autore, ha di fatto già modificato il nostro modo di essere, di relazionarci, di agire. Coinvolgendo non solo i rapporti uomo-uomo e uomo-macchina ma anche i già richiamati rapporti uomo-ambiente, e con essi tutte le relazioni che si esplicano nelle quotidiane azioni dell'abitare, del muoversi, del lavorare e del produrre compresi i relativi e conseguenti impatti.

Si afferma, in parallelo, l'esigenza di un differente ambientalismo – “digitale” – in grado di considerare, insieme, i nuovi modi di abitare al tempo stesso mondo analogico e digitale; che tenga conto, per contrastare l'emergenza climatica, tanto delle possibilità che le tecnologie digitali offrono nel rendere più efficienti ed ambientalmente meno impattanti le azioni dell'uomo, quanto il loro stesso possibile impatto.

Analogamente in ambito scientifico-disciplinare, la questione ha origini lontane. Giuseppe Ciribini, negli anni '80, nell'introdurre la cultura tecnologica della progettazione la definiva come «un insieme di conoscenze che concernono l'analisi e la previsione circa l'impatto che la tecnologia, vista come espressione globale di una cultura spirituale e materiale, ha oggi e avrà domani sulla vita dell'uomo (individuo e società) in relazione all'ambiente fisico e biologico in cui egli è posto.» (Ciribini, 1984).

Vi si potevano leggere chiaramente, già allora, le strette interdipendenze uomo-ambiente-tecnologia ma anche informazioni-azioni-impatti.

Questioni articolate, senza dubbio, molteplici ed eterogenee, quelle richiamate, che, nell'orientare, ciascuna a suo modo, verso l'integrazione delle annose e dibattute istanze ambientali con le potenzialità connesse alla cultura digitale e con le esigenze di gestione e manutenzione sostenibile del costruito, ne suggeriscono chiavi di lettura originali, come meglio introdotte nel proseguo dell'articolo, e che, con riferimento, in particolare, agli strumenti di valutazione energetico-ambientale, hanno condotto, in occasione dell'esperienza di redazione del Protocollo ITACA Calabria, qui in parte riportata, all'introduzione nel relativo articolato di puntuali quanto originali indirizzi.

Istanze ambientali, cultura digitale, approccio manutentivo. Background e nuovi possibili orientamenti

Oggi è certamente matura la consapevolezza che le potenzialità strumentali e di processo connesse all'innovazione digitale e alla rivoluzione dell'informazione permettono di raggiungere risultati fino a qualche anno fa preclusi. Lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie ICT consentono di disporre di immense potenzialità computazionali in grado di processare un'altrettanta enorme quantità di dati contemporaneamente a processi ambientali, economici e sociali.

In particolare, con riferimento al settore delle costruzioni, alle criticità proprie e alla correlata curva che descrive l'evolversi ed il peggiorare delle emergenze ambientali, sia che le si considerino da un punto di vista Antropogenico che di Iperstoria, corrispondono, in termini sia complementari – che al tempo stesso di contrapposizione, le resistenze del settore – tra i pochi a non aver ancora innovato del tutto i propri processi di produzione – e le enormi opportunità connesse alle politiche attuative di Industria 4.0 e all'applicazione delle relative Tecnologie Abilitanti (Daniotti et alii, 2019).

Tale relazione è ben descritta nel report del Mc Kinsey Global Institute (McKGI, 2017). L'analisi evidenziava come nonostante la spesa legata al comparto delle costruzioni rappresenti il 13% del PIL mondiale, la relativa crescita annuale della produttività riferita agli ultimi 20 anni risulta solo dell'1%. Percentuale che, viceversa, potrebbe sensibilmente aumentare se si operasse in termini di innovazione dei processi, traguardando, in questo modo, l'ulteriore e auspicato obiettivo di garantire il giusto equilibrio tra economia, sviluppo, benessere dell'uomo ed ecologia. «Non basterà produrre qualcosa che sia solamente utile al business, ma sarà necessario che il settore contribuisca al benessere della società», come affermato nelle conclusioni del World Economic Forum del 2018.

È indispensabile una nuova etica della contemporaneità, un'alleanza, come ipotizza Floridi, tra *politiche verdi* (economia green, circolare e dello share) e *politiche blu* (economia digitale e dell'informazione) tra *istanze ambientali e cultura digitale* (Floridi, 2018).

Secondo il report del World Green Building Council del 2019, già oggi, infatti, il costruito è responsabile del 39% delle emissioni globali di gas climalternati. L'11% di tali emissioni è attribuibile alla fase di costruzione, mentre ben il 28% riguarda la fase di gestione degli edifici e deriva dalla enorme quantità di energia necessaria per riscaldarli, raffreddarli, alimentarli. Posizioni riprese nei documenti relativi ai Clean Energy Building (IEA, 2019).

Oltremodo significativo può considerarsi, ancora oggi, il risultato registrato dal CIBSE, *Chartered Institution of Building Services Engineers*, in uno studio del 2012, secondo il quale ciascun edificio, in realtà, consuma normalmente il doppio di quanto stimato in fase di progettazione.

Di riflesso, dal Rapporto presentato nel corso del summit dello United Nations Climate Change di Bonn (UN Climate Change, 2018), emerge che la città per via della ormai riconosciuta incapacità di metabolizzare i propri processi di crescita, rappresenta il luogo di massima concentrazione di vulnerabilità diffuse e di significative esposizioni a rischi di origine naturale e antropica. Lo stesso rapporto riporta, altresì, che più del 50% della popolazione mondiale vive in aree urbanizzate, e sebbene tale valore abbia già assunto caratteri di emergenza, si prevede che entro il 2050 aumenterà raggiungendo il 70%.

Emergenze già chiaramente espresse, insieme alle auspicabili strategie per affrontarle, in uno dei report pubblicati in occa-

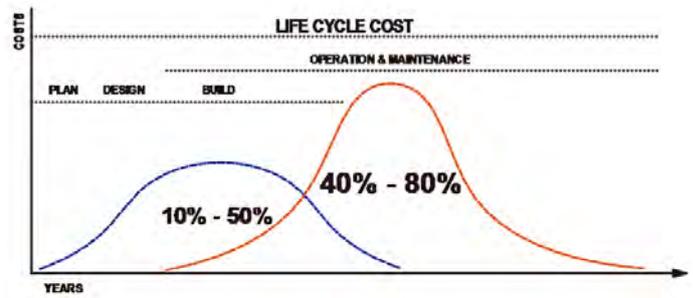


Fig. 1

sione del World Economic Forum del 2016: *A breakthrough in mindset and technology*.

Analogamente, qualche anno prima, nell'ambito dei lavori della Commissione europea si affermava che «Esistono sfide globali che possono trasformarsi in motori di crescita: la salute e la sicurezza, l'efficienza energetica, la bioedilizia, la resilienza alle catastrofi, il clima degli ambienti interni, il riutilizzo/recupero/riciclaggio.» (EU Comm. 31/7/2012).

Quanto introdotto, sia pure in estrema sintesi, circa temi tanto

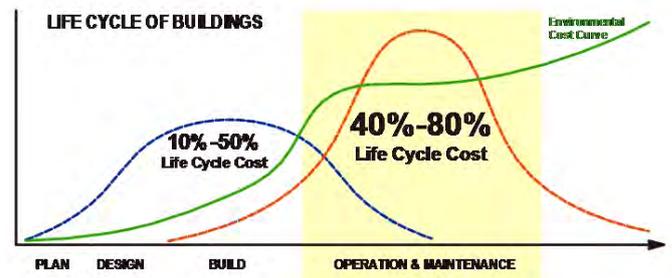


Fig. 2

articolati quanto interconnessi, dai drivers attuativi della rivoluzione digitale, all'incidenza dei costi economici, ambientali e sociali determinati dalle trasformazioni antropiche dell'ambiente, indirizzano da un punto di vista operativo, con sempre maggiore evidenza, verso certificazioni ambientali, valutazione di impatto ambientale, ma anche progettazione integrata, trovando espressione e sintesi nella centralità riconosciuta al concetto di "ciclo di vita" a cui la letteratura scientifica e i provvedimenti normativi affiancano sistematicamente termini quali "gestione", "costi", "efficienza", "sostenibilità". Termini, che, a loro volta, ricompresi nel loro portato teorico-attuativo, costituiscono i principali *pillars* della serie ISO 15686 *Buildings and constructed assets - Service life planning* che definisce e mette a sistema metodologie e strumenti per garantire durante il ciclo di vita dell'edificio la più efficiente combinazione di costi di investimento, manutenzione, gestione e ambientali. In particolare introduce la stima

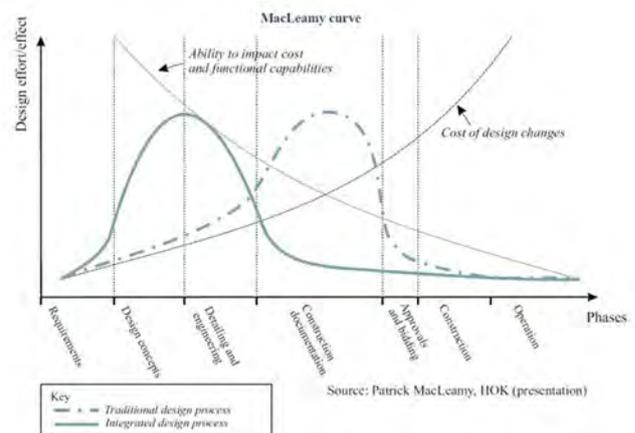


Fig. 3

della vita utile in fase di progetto (ISO 15686-2:2012), dei costi, LCC (ISO15686-5:2017) e degli impatti ambientali nel ciclo di vita (ISO 15686-6:2004, attualmente ritirata).

Questioni tutte che, nel loro insieme, suggeriscono, come anticipato, innovate e originali chiavi di lettura delle relazioni tra istanze ambientali-cultura digitale-approccio manutentivo, qui espresse in continuità con precedenti attività di ricerca condotte sul tema (Lauria and Azzalin, 2019).

Da un punto di vista prettamente economico, i principali costi del ciclo di vita, riportati in Figura 1, e ripresi dal report già citato del World Economic Forum del 2016, sono in gran parte determinati dalle scelte effettuate in fase decisionale, con una incidenza sul totale del 10-50%, per quelli connessi alle fasi di programmazione, progettazione e realizzazione, che cresce fino al 40-80%, per quelli connessi alla fase di gestione.

Se agli andamenti descritti in Figura 1 si sovrappone la curva dei costi ambientali, costruita sui dati elaborati dal World Green Building Council del 2019, già richiamati, emerge in tutta evidenza la condizione peculiare, per cui, l'area indicata in Figura 2 dal retino - corrispondente alla fase di O&M, *Operations and Maintenance* - rappresenta il principale terreno di criticità verso cui occorre indirizzare gli sforzi di innovazione e trasformazione del settore.

È importante ribadire che, sebbene i principali costi economici e ambientali si paghino nel corso della fase di gestione, tali costi, secondo la letteratura dominante, derivano dalla reiterata incapacità di pianificare, sin dalla fase di progetto, una corretta gestione del ciclo di vita.

La curva rappresentata in Figura 3 – che prende il nome dal suo ideatore, Patrick MacLeamy, architetto americano presidente ed ex amministratore delegato di HOK (www.hok.com) – evidenzia ancora più in dettaglio come tanto più progredisce il processo realizzativo, tanto più risulterà costoso introdurre delle modificazioni. Il costo delle modificazioni ancora sostenibile in fase di programmazione e progettazione, risulta altissimo in quella di gestione.

Protocollo ITACA Nazionale PdR 13.1: 2016	Protocollo ITACA Regione Calabria 2016
	E.2 Funzionalità ed efficienza
	E.2.1 Dotazione di servizi
	E.2.4 Qualità del sistema di trasmissione dati
E.3 Controllabilità degli impianti	E.3 Controllabilità degli impianti
E.3.6 Impianti Domotici	E.3.5 B.A.C.S
	E.3.6 Impianti Domotici
	E.3.7 Integrazione di sistemi di building automation nell'organismo edilizio
E.6 Mantenimento delle prestazioni in fase operativa	E.6 Mantenimento delle prestazioni in fase operativa
	E.6.1 Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio
E.6.5 Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici	E.6.5 Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici
	E.7 Aspetti sociali
	E.7.1 Design for all

Fig. 4

Lo stesso grafico descrive inoltre come il picco della frequenza di modifiche e variazioni al progetto si registra nel processo costruttivo tradizionale esattamente nella fase di passaggio tra la progettazione e la realizzazione. MacLeamy assume che un approccio progettuale integrato, applicato sin dalla fase iniziale della progettazione, incide in maniera positiva in termini di riduzione dei costi complessivi di realizzazione ma anche di futura gestione, in quanto complessivamente sufficientemente preventivabili.

È evidente dunque che, in linea con le conclusioni dello stesso MacLeamy, occorre assecondare la transizione in atto, ancora affatto matura, verso una trasformazione digitale del settore che accolga e faccia propri nuovi paradigmi operativi, quali quelli

del *Lean Construction Management* e del BIM, *Building Information Modeling* (Dave et al., 2013).

Il primo espressamente finalizzato all'ottimizzazione dei processi in funzione del controllo di tutte le variabili che incidono sul ciclo di vita.

Il secondo, riferito alla ingegnerizzazione dei processi, al ruolo dei sistemi informativi fondati su architetture di rete e *database* relazionali.

Processi integrati in cui è l'informazione, disponibile e spendibile già a partire dalla fase progettuale, che, di fatto, consente di verificare le alternative possibili ed effettuare le scelte più opportune, in termini sia prestazionali, che economici e quindi anche di sostenibilità complessiva dell'opera nel ciclo di vita. Al riguardo, già nel 1997 la norma UNI 10604 affermava l'importanza di «codificare criteri generali di raccolta dei dati essenziali per le attività manutentive ed utilizzare appropriati sistemi informativi può favorire la formazione di banche dati e strumenti gestionali atti a migliorare la redditività dei patrimoni immobiliari».

Appare chiaro, quindi, che il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità nel ciclo di vita, richiede insieme ad un innovato approccio progettuale, integrato e multidisciplinare, un successivo e altrettanto sostenibile approccio manutentivo. L'assunzione cioè di un'effettiva politica della manutenibilità che ne adotti i requisiti a partire dalla fase di progettazione, e che nell'utilizzare gli strumenti della cultura digitale e dell'interoperabilità BIM per tenere sotto controllo le variabili connesse alle scelte progettuali prima e a quelle di gestione dopo, orienti contemporaneamente verso l'integrazione degli stessi con i relativi strumenti di valutazione ambientale facilitandone la diffusa applicazione a garanzia della sostenibilità degli interventi.

Dalla ricerca gli strumenti. L'esperienza della definizione dell'Area E. Qualità del servizio nel Protocollo ITACA Calabria

105

A partire dalla fine del secolo scorso sono stati elaborati a livello internazionale diversi sistemi che, attraverso l'associazione di punteggi di merito ad opportuni indicatori, permettono di ottenere una valutazione multicriteriale della qualità energetico-ambientale degli edifici e del loro impatto sull'ambiente.

Tra i metodi più noti utilizzati nella prassi corrente si ricordano il LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* www.usgbc.org/leed); il BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method for Buildings* www.bregroup.com/products/breeam/); l'SBMethod gestito a livello internazionale da iisBE (iniziativa internazionale per l'ambiente costruito sostenibile www.iisbe.org/sbmethod).

L'SBMethod e, in particolare, SBTool, a partire dai primi anni 2000, è stato contestualizzato al territorio italiano e al suo quadro normativo di riferimento, definendo il Protocollo ITACA (Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale – Associazione nazionale delle Regioni e delle Province autonome), divenuto successivamente UNI PdR 13.1:2016 *Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità* (<http://itaca.org>).

Cinque Aree Tematiche, declinate attraverso specifiche Categorie, a loro volta articolate in Criteri, costituiscono la struttura generale del Protocollo e supportano un sistema di calcolo che consente di esprimere mediante un voto, un indice equilibrato di *performance* per ogni intervento preso in esame e di valutarne la sostenibilità in riferimento ai consumi e all'efficienza energetica, al suo impatto sull'ambiente e sulla salute dell'uomo integrando altresì gli aspetti connessi alla certificazione di pro-

dotto in linea con quanto previsto dal Decreto Criteri Ambientali Minimi (CAM, 2017).

Lo scenario e le molteplici questioni riferite al rapporto tra istanze ambientali, cultura digitale e approccio manutentivo, sinteticamente riportate, rappresentano il *know-how* che il gruppo di ricerca coinvolto nella redazione del Protocollo ITACA Regione Calabria (DGR 521/2016) di cui la scrivente ha fatto parte, ha cercato di trasferire nella prassi, introducendoli nei contenuti specifici dell'Area E. *Qualità del servizio* connessa agli aspetti di gestione e manutenzione (P.A.R.C.O 2016/2018).

La correlazione tra i termini sostenibilità e manutenzione trova infatti eco a partire dai presupposti teorici generali del Protocollo, nei caratteri connotanti l'Area E. La manutenzione, nonostante le venga attribuito un peso complessivo piuttosto esiguo rispetto al voto sintetico finale, riferito sia all'Area E. che al Protocollo nel suo complesso, per la sua natura multiscale e multisettoriale, si conferma effettivo indicatore robusto di sostenibilità, trasversale tanto ai criteri della propria area di riferimento, quanto a quelli contenuti nelle altre Aree di valutazione del Protocollo.

Le categorie e i rispettivi criteri che ne definiscono l'articolo, riportato in Figura 4, integrandosi tra loro, evidenziano la spinta ad orientare verso scelte progettuali sostenibili che permettano un innalzamento della qualità ambientale dell'abitare e ne garantiscano il mantenimento nel ciclo di vita.

L'articolo, in particolare, recupera, da un lato, importanti caratteri originari dell'SBTool, dall'altro li integra con contenuti nuovi e originali attribuendo alla versione del Protocollo ITACA Regione Calabria una forte connotazione di innovatività sia rispetto a quella Nazionale (UNI/PdR 13-1:2016) che alle altre versioni regionali, indifferentemente che si consideri la versione sintetica approvata che quella estesa attualmente non in vigore.

Nel loro insieme tali contenuti:

- affermano la centralità degli aspetti manutentivi nel ciclo di vita e il loro potenziale carattere di indicatore di sostenibilità;
- suggeriscono l'integrazione di Sistemi di Building Automation e di domotica in una prospettiva IoT;
- orientano verso l'uso diffuso delle ICT e dei sistemi di interoperabilità BIM quali strumenti innovativi per la gestione delle informazioni nel ciclo di vita dell'edificio;
- introducono i termini di *customer care*.

Carattere fortemente innovativo ha l'introduzione, in linea con le disposizioni legislative (D.lgs. 50/2016), dei sistemi di interoperabilità BIM, che sia pure finalizzata, per l'Area E, all'archiviazione e alla gestione delle informazioni e della documentazione tecnico-descrittiva dell'opera ai fini manutentivi e di gestione, suggerisce e apre verso l'integrazione, sin dalla fase di progettazione, di modelli BIM e protocolli di valutazione della sostenibilità.

Basati entrambi su approcci integrati di tipo collaborativo finalizzati alla verifica, i due strumenti, si configurano, infatti, come contenitori dinamici di informazioni (*database*) tra loro integrabili. In particolare i modelli BIM, nel fornire un controllo geometrico-spaziale e tecnico-prestazionale di tipo computabile consentono di creare abachi/quantità, "schedules", che classificano e categorizzano gli elementi presenti nel modello e le relative informazioni consentendone l'aggiornamento automatico e continuo. Dati che sia pure attualmente non del tutto leggibili ed estraibili automaticamente dai relativi software per le simulazioni e la valutazione energetico ambientale ne facilitano comunque l'applicazione, in un'ottica futura di completa integrabilità.

Altro importante elemento di innovazione risiede nell'orientare il progettista verso l'integrazione della domotica e dei si-

stemi di automazione per il controllo e il monitoraggio, anche da remoto, di dati ambientali, qualità interna, comfort e dove possibile anche comportamenti strutturali, aspetto quest'ultimo che costituisce un ulteriore carattere di specificità introdotto.

L'edificio si configura, in questo modo, come apparato centralizzato che utilizza dati e ne consente l'acquisizione attraverso i sistemi di monitoraggio: una "casa intelligente", i cui componenti sono collegati tra loro grazie alle tecnologie digitali IoT, *Internet of Things*, e sono programmati per ottimizzare e personalizzare le funzioni ambientali e/o domestiche interagendo anche da remoto con l'*end-user*, inviandogli informazioni o *alert*.

Sistemi, finalizzati altresì all'acquisizione di dati di feedback riferiti a decadimenti prestazionali, guasti, consumi ecc, direttamente funzionali all'ottimizzazione delle strategie di gestione e ad aumentare la consapevolezza ambientale degli stessi *end-user*.

Molteplici dunque le potenziali ricadute che l'applicazione dei criteri dell'Area E, così come proposti e confluiti nella versione del Protocollo ITACA Regione Calabria possono innescare in termini di congruità del progetto rispetto ai principi di sostenibilità nel ciclo di vita delle costruzioni, coniugando istanze ambientali, approccio manutentivo e ICT.

Conclusioni

La definizione di strategie per la sostenibilità degli edifici si confronta necessariamente con gli indirizzi dettati dai provvedimenti sia di natura legislativa, a livello Europeo e Nazionale, sia di programmazione comunitaria, che sanciscono il collegamento diretto tra aspetti progettuali, realizzativi e le questioni legate alla gestione degli edifici e al mantenimento delle loro qualità nel tempo. Non secondari, per attuare tali strategie, appaiono gli strumenti che la rivoluzione digitale mette a disposizione.

La definizione di oggetto, riprendendo i temi introduttivi relativi alla rivoluzione dell'informazione, si arricchisce, in questo modo, di nuovi portati: digitali. Come afferma Floridi «In futuro un numero sempre maggiore di oggetti saranno IT-enti (enti che incorporano la tecnologia dell'informazione), capaci di scambiare informazioni» (Floridi, 2014). È l'*Internet of Things*: in cui una serie di oggetti materiali vengono dotati di tecnologia dell'informazione e divengono enti interagenti – gemelli digitali – disponibili online.

Il settore delle costruzioni è chiamato, in particolare, con forza, a confrontarsi con le opportunità derivanti dalla rivoluzione digitale e al tempo stesso con la necessità di garantire eco-efficienza e risparmio delle risorse, promuovendo innovati processi progettuali e realizzativi e l'attuazione di altrettanto innovative strategie manutentive.

La discriminante è l'informazione: la disponibilità di dati costantemente aggiornati, trasmissibili e condivisibili – *Big data* – e al tempo stesso la capacità di processarli in funzione di una loro utilità e *usability* (ISO 9241-11:2018).

Il contributo, nel suo tentativo e proposito di provare a cogliere gli aspetti multidisciplinari, sistemici di temi tanto attuali quanto articolati, diviene occasione anche per "raccontare" come la ricerca possa e debba essere anche un sostegno imprescindibile alla normazione in generale e alla regolamentazione locale in particolare, che da strumento "imposto" e stancamente applicato può trasformarsi in strumento attivo e incentivante *best practice* condivise.

L'esperienza della redazione del Protocollo ITACA Regione Calabria brevemente introdotta, a cavallo appunto tra ricerca e regolamentazione locale, si colloca in un contesto scientifico-disciplinare e operativo complesso ma ben definito, con l'obiettivo

di promuovere e supportare processi di sviluppo sostenibile sul territorio in un'ottica anche di miglioramento della produttività del settore. Un approccio *top-down* in questo caso che apre verso approfondimenti connessi non solo a nuovi paradigmi di una moderna dialettica tra ambiente, uomo, cultura digitale, ma principalmente al rapporto tra la disponibilità delle informazioni e la qualità dei processi decisionali che dovrebbero utilizzarle.

References

- Ciribini, G. (1984) *Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, Celid, Torino, IT.
- Daniotti, B., Gianinetto M. and Della Torre S. (2019), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, London, UK.
- Dave B., Koskela L., Kiviniemi A., Owen R. and Tzortzopoulos P. (2013), "Implementing Lean in construction: Lean construction and BIM", *CIRIA*, vol. 7, p. 25.
- EU Commission (2012), *Strategia per la competitività sostenibile del settore delle costruzioni e delle sue imprese*, European Commission, Brussels
- Floridi L. (2014), *The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- International Energy Agency (2019), *The Critical Role of Buildings. Perspectives for the Clean Energy Transition*, Report, p. 8.
- Lauria M., Azzalin M. (2019), "Progetto e manutenibilità nell'era di Industria 4.0", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18, pp. 31-39.
- Mc Kinsey Global Institute (2017), *Reinventing Construction. A route to higher productivity* Report, p. 15.
- P.A.R.C.O 2016/2018 Finanziamento – Protocollo d'intesa tra Regione Calabria, Dipartimento di Ingegneria Civile UNICAL, Dipartimento di Architettura e Territorio Università Mediterranea.
- UN Climate Change (2018) *Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change. Adaptation in human settlements: key findings and way forward*, Bonn.

Fig. 1 - Curva dei costi del ciclo di vita. Fonte: WEF, 2016

Fig. 2 - Curva dei costi ambientali. Fonte: WGBC, 2019

Fig. 3 - Curva di MacLeamy del costo delle modificazioni in fase di programmazione, progettazione, gestione. Fonte: MacLeamy, 2004

Fig. 4 - Area E. Qualità del servizio. Confronto tra il Protocollo ITACA Nazionale - UNI/PdR 13.1:2016 e il Protocollo ITACA Regione Calabria, 2016 – Versione Sintetica. In grassetto i Criteri aggiuntivi presenti nella versione Completa non ancora in vigore.

1.c

STRATEGIE DI ADATTAMENTO PER LA GESTIONE INTEGRATA DELLE RISORSE IDRICHE NEGLI EDIFICI

Alessandro Stracqualursi¹

Abstract

La necessità di adattamento di fronte agli effetti del Cambiamento Climatico pone la sostenibilità nell'uso delle risorse idriche come obiettivo fondamentale da raggiungere. Le principali strategie clima adattive affrontano il tema della gestione dell'acqua rimarcandone la scarsità. Il contributo introduce ai risultati di una recente *literature review* svolta per indagare le strategie finalizzate al riuso delle acque meteoriche negli edifici secondo un'ottica di gestione integrata. Tra le applicazioni, è stata rivolta particolare attenzione al riuso per il raffreddamento evaporativo.

Keywords: Scarsità, Acqua, Adattamento, Riuso, Raffreddamento evaporativo

¹ PDTA - Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Sapienza University of Rome, alessandro.stracqualursi@uniroma1.it

Introduzione

La variabilità delle condizioni climatiche globali, associata alla crescente pressione antropica, incide in maniera significativa sul consumo delle risorse naturali dando forma a un ambiente in costante mutamento a cui i sistemi insediativi sono chiamati ad adattarsi. Il fenomeno del Cambiamento Climatico (CC) si mostra nel progressivo aumento della temperatura e nell'alterazione dei regimi pluviometrici: le previsioni per il periodo 2021-50 di incremento della temperatura media stagionale di 1,5°C in inverno e di 2°C in estate, e la diminuzione del 10% delle precipitazioni medie estive, minacciano una condizione prossima di scarsità idrica in gran parte dei paesi mediterranei, tra cui l'Italia (Hoegh-Guldberg et al., 2018). La disponibilità di acqua è ulteriormente minacciata da alti consumi domestici ed emissioni inquinanti, che trovano la più alta concentrazione nei territori urbanizzati. Il numero di abitanti globali attualmente insediati nelle città è di circa quattro miliardi su sette e il tasso di inquinamento ambientale che erode la disponibilità di risorse idriche sembra crescere proporzionalmente con la popolazione umana. Il Dipartimento per gli affari economici e sociali delle Nazioni Unite ha stimato, nel report *"World Population Prospects 2019"*, una crescita della popolazione mondiale pari a 83 milioni di individui annui che porterà, nel 2050, a un aumento del 15% del prelievo di acqua per le sole attività di sostentamento.

Gli effetti di questa transizione andranno a interessare gli ambiti socio-economici e ambientali sotto diversi aspetti, dalla gestione delle risorse idriche, di cui allarma la crescente disomogenea disponibilità nel tempo e nello spazio, fino al consumo energetico negli edifici. Il previsto aumento delle temperature medie porterà a una crescente richiesta di energia per il raffreddamento che sarà superiore alla riduzione della domanda di riscaldamento, comportando un incremento dei consumi elettrici annuali concentrati soprattutto nella stagione estiva.

Materiali e metodi

Il contributo proposto riassume sinteticamente la prima fase della ricerca dottorale in corso e sintetizza una *literature review* condotta sulla gestione integrata delle acque meteoriche all'interno degli edifici, come attuazione di strategie di adattamento

in risposta agli effetti del CC. L'attenzione è stata rivolta all'interazione tra risorse idriche ed edificio nella fase del riuso, al fine di individuare applicazioni tecnologiche in grado di offrire una duplice risposta al tema di scarsità e crescente richiesta di energia nella stagione estiva.

Presentata nella Legge 183/89, la gestione integrata viene formalmente associata alla salvaguardia delle risorse idriche attraverso il Capo II della Legge 36/94 (c.d. "Legge Galli"), che introduce il servizio idrico integrato per ambiti territoriali ottimali. La legge è stata sostituita dal DLgs 152/2006, aggiornato dal Dm 260/2010, che rappresenta il principale riferimento. L'assetto normativo è attualmente in fase di discussione attraverso la proposta di legge C. 52 del 2018. Le principali misure di adattamento per la gestione delle risorse idriche sono tracciate nella *"Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici"* (SNAC) (MATTM, 2015), che recepisce la *"Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici"* (2013), a cui è seguito il *"Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici"* (2017), non ancora approvato. A livello locale, solo alcune Regioni hanno adottato una propria strategia adattiva. L'unico documento di coordinamento è rappresentato da *"Linee guida per le strategie regionali di adattamento ai cambiamenti climatici"*, elaborato nell'ambito del progetto europeo *"Life Master Adapt"*. L'impegno nel percorso di adattamento è rimarcato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite nella *"Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile"* (UN, 2015).

L'individuazione di potenziali applicazioni in ambito architettonico è proseguita tramite la raccolta di alcuni casi studio. Il campo di indagine è stato ristretto a edifici residenziali e uffici, essendo le strutture più diffuse sul territorio e con un elevato fabbisogno energetico per la climatizzazione¹.

Strategie di adattamento e gestione integrata

L'adattamento deve tradursi nella capacità dell'ambiente costruito di reagire di fronte al progressivo depauperamento delle risorse naturali che minaccia la rinnovabilità delle fonti, per contrastarne gli effetti (Tucci, 2019). Il CC è una delle principali cause, interessando l'acqua come una risorsa da preservare e riutilizzare in un'ottica di gestione integrata, attraverso le fasi di raccolta, accumulo e riuso delle acque meteoriche, che non si limiti

¹ Come riportato dall'Istat nel *"Censimento popolazione e abitazioni 2011"*, circa l'84% degli edifici utilizzati in Italia è destinato a queste funzioni. Nonostante il settore industriale presenti dei valori di consumo idrico ed energetico molto superiori, la sua diffusione sul territorio è sicuramente circoscritta.

all'applicazione in soluzioni standardizzate e monofunzionali. Le attività connesse al suo sfruttamento devono essere valutate in relazione al contesto urbano e agli edifici che lo costituiscono, come un sistema integrato (*Integrated Urban Water Management*) che consideri le interazioni sociali, economiche e ambientali per fornire soluzioni *on-site* sostenute dalle nuove tecnologie, al fine di raggiungere uno stato di equilibrio tra le parti inteso come sostenibilità. Negli anni, il rapporto con le acque nel ciclo idrico urbano è stato oggetto di una profonda evoluzione che ha visto una mutazione dell'approccio nella pianificazione, dall'obiettivo unico di ridurre le inondazioni, all'integrazione delle risorse idriche negli obiettivi progettuali, fino a diventare un asse strategico che si è formalizzato in molteplici strategie urbane di adattamento (Fletcher et al., 2014; Andreucci, 2019). Tra le aree prioritarie di intervento, le città sono individuate dalla SNAC come settori particolarmente vulnerabili a cui rivolgere misure di azione "leggera" e "strutturale" di gestione dei deflussi di pioggia, minimizzazione dei consumi di acqua negli edifici, introduzione di sistemi domestici per il riuso, e sensibilizzazione dei cittadini sull'utilizzo di prodotti a basso impatto idrico. Viene inoltre raccomandata l'implementazione di sistemi energetici da fonte rinnovabile e l'adattamento sistematico degli edifici per la riduzione dei fabbisogni di climatizzazione, soprattutto estivi. Tra i 17 obiettivi globali (*Sustainable Development Goals*) della "Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile", il tema delle risorse idriche è trattato direttamente nel numero 6: *Acqua pulita e servizi igienico sanitari* e indirettamente nel numero 13: *Lotta contro il cambiamento climatico*, esplicitando attraverso i rispettivi traguardi la necessità di implementazione della gestione integrata delle risorse idriche a ogni livello (6.5), l'espansione di attività e programmi legati all'acqua e agli impianti igienici attraverso il trattamento delle acque reflue, riciclo e riuso (6.a) e l'adattamento ai rischi legati al clima (13.1).

Applicazioni di riuso

Una diretta risposta alla scarsità può essere individuata nel riuso, e l'implementazione di strumenti di climatizzazione attiva e passiva che sfruttino l'acqua piovana secondo una visione di gestione integrata della risorsa, rappresenta una strategia di adattamento con un alto potenziale per le aree urbane, intervenendo nelle interazioni tra acqua ed edificio legate al consumo, alla variazione delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche della risorsa, e all'alterazione dei flussi, che gli effetti del CC vanno ad alimentare. L'acqua piovana può essere reimpiegata in soluzioni tecnologiche legate ai principi di raffreddamento evaporativo diretto o indiretto, nelle cui applicazioni si associano anche effetti di raffreddamento radiativo. Il raffreddamento evaporativo diretto sfrutta l'evaporazione dell'acqua per determinare un abbassamento della temperatura dell'aria negli ambienti interni. Esso può avvenire attraverso l'uso di sistemi attivi quali refrigeratori ad evaporazione, dispositivi meccanici di nebulizzazione, sistemi di pompaggio che stimolano il flusso d'acqua verticale od orizzontale, e di sistemi passivi integrati nell'involucro come pareti d'acqua, *roof-pond* e pareti o tetti verdi, che intervengono nella mitigazione del microclima attraverso l'evapotraspirazione. Il raffreddamento evaporativo indiretto sfrutta il raffrescamento dell'aria attraverso l'evaporazione di una massa d'acqua per convogliarla verso impianti di condizionamento che la reimmettono in circolo, come scambiatori di calore WAHE e unità HVAC di raffrescamento adiabatico evaporativo, o per la refrigerazione di sistemi di climatizzazione alimentati ad acqua. I sistemi di raffreddamento evaporativo si pongono come una soluzione energeticamente efficiente, in grado di preservare le

risorse idriche e offrire un aumento del comfort termico in rapporto ai sistemi ordinari. Essi sono maggiormente efficienti in condizioni climatiche calde e aride (come molte regioni italiane) per il notevole potenziale di aumento dell'umidità dell'aria che si traduce in significative riduzioni della temperatura (da 2 a 8,6 °C) e del consumo energetico (12-16%) (Cuce and Riffat, 2016). Applicazioni combinate di sistemi a evaporazione diretta e indiretta, come schermature vegetate associate a unità di climatizzazione adiabatica interna, alimentati tramite il riuso di acque piovane, permettono di mantenere una temperatura interna a 21-22 °C con una temperatura esterna di 30 °C (Schmidt, 2009). Anche le emissioni di gas a effetto serra dovute agli apparecchi legati agli usi finali domestici dell'acqua, di molto superiori rispetto agli altri servizi idrici urbani, possono essere ridotte con il riuso delle acque meteoriche nel raffrescamento passivo degli edifici (Flower, Mitchell and Codner, 2007).

Il riuso delle acque meteoriche può ricoprire un ruolo di maggiore incisività nel ridurre i consumi e le emissioni inquinanti, secondo una gestione integrata della risorsa che valuti in maniera olistica le problematiche legate alla sua interazione con l'edificio. Strategie adattive "green" di realizzazione di serbatoi di recupero dell'acqua piovana con carattere sistemico, unite a soluzioni specifiche su scala urbana o di distretto, contribuiscono a contrastare le minacce connesse al rischio di scarsità (Tucci, 2019). La strategia di riuso trova impiego in molte città ma senza una distribuzione uniforme: la diffusione a livello sistemico è vincolata a un grado di adattabilità che coinvolge non solo le condizioni ambientali locali ma anche il grado di accettazione da parte dei consumatori. La ricettività generale all'idea di utilizzare l'acqua piovana è accolta in maniera generalmente positiva, ma la percezione risulta sempre più negativa all'aumentare del contatto diretto con l'acqua di riuso (Campisano et al., 2017). In tal senso, il suo impiego per il raffrescamento potrebbe essere vantaggioso per l'accettabilità, non entrando mai a diretto contatto con l'utenza.

Edifici come il "British Pavilion" per EXPO (1992), il complesso "Prisma" (1997), "Jewel Changi Airport" (2019), progettati rispettivamente da N. Grimshaw, J. Eble con Atelier Dreiseitl, e M. Safdie, sono rappresentativi del riuso delle acque piovane per il raffreddamento evaporativo diretto degli ambienti interni sfruttando il continuo flusso verticale dell'acqua – in pareti chiuse o in cascate aperte – e per fornire capacità termica all'involucro favorendone l'inerzia. Le soluzioni adottate in "Council House 2" a Melbourne (2006), "Bullitt Center" a Seattle (2013), "Torre Reforma" a Città del Messico (2015) rappresentano degli interessanti casi studio applicativi per l'uso di torri di raffreddamento, sistemi di climatizzazione a travi fredde attive e pannelli radianti alimentati e refrigerati attraverso l'acqua piovana. In Italia, la sede "Intesa SanPaolo" (2016) e il centro direzionale "Lavazza" (2018), entrambi a Torino e progettati rispettivamente da Renzo Piano Building Workshop e Cino Zucchi Architetti, sono esempi di edifici in grado di concentrare le loro prestazioni nella minimizzazione del consumo e nel riuso delle acque piovane, con applicazioni per il raffrescamento che sfruttano l'acqua come una vera e propria risorsa.

Conclusioni e possibili ambiti di approfondimento

Oltre ai vantaggi presentati, la climatizzazione interna alimentata da acque meteoriche mostra dei punti di incertezza dovuti a un'applicabilità influenzata da caratteristiche climatiche, distributive e socio-economiche. Tale soluzione permette una riduzione del consumo energetico ma è strettamente legata alle condizioni climatiche che ne determinano un notevole calo di

efficienza nelle aree umide (Cuce and Riffat, 2016). Inoltre, deve esserne analizzato l'impatto sul consumo delle risorse idriche nell'ottica di un impiego estensivo (Schmidt, 2009). Il potenziale di riduzione di consumi idrici può variare in funzione della complessità e della fattibilità economica dei sistemi applicativi di riuso, coinvolgendo l'utenza come parte determinante nella definizione del suo valore. Strategie di intervento per l'incentivazione finanziaria diretta e indiretta, e campagne informative che coinvolgono i cittadini attraverso diversi canali di comunicazione devono essere approfondite per valutarne gli effetti (Campisano et al., 2017).

Indagini aggiuntive si rivolgeranno alle molteplici interazioni tra la risorsa idrica e il sistema edilizio, dalla riusabilità dell'acqua in più cicli, alle applicazioni multiformi, valutandone l'effetto su consumi e qualità della risorsa, nell'attuazione di una gestione integrata che si formalizzi attraverso la progettazione.

References

- Andreucci, M.B. (2019), *Progettare l'involucro urbano. Casi studio di progettazione tecnologica ambientale*, Wolters Kluwer, Aden, NL.
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L.N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H. and Han, M. (2017), "Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives", *Water research*, vol. 115, pp. 195-209.
- Cuce, P.M. and Riffat, S. (2016), "A state of the art review of evaporative cooling systems for building applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp.1240-1249.
- Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Steen Mikkelsen, P., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. and Viklander, M. (2014), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more. The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water Journal*, vol. 12, pp. 525-542.
- Flower, D.J.M., Mitchell, V.G. and Codner, G.P. (2007), "Urban water systems: drivers of climate change?", in Barton, A.C.T. (ed.), *Rainwater and urban design 2007*, Engineers, Sydney, AU, pp.274-281.
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K.L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S.I., Thomas, A., Warren, R. and Zhou, G. (2018), "Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems" in IPCC (ed.) *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp.175-311.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) (2015), *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, MATTM, Roma, IT.
- Schmidt, M. (2009), "Rainwater harvesting for mitigating local and global warming", *Fifth Urban Research Symposium*, vol. 26, p. 9.
- Tucci, F. (2019), "Adattamento ai cambiamenti climatici di Architetture e Città Green per migliorare la resilienza dell'Ambiente Costruito", *Green City e adattamento climatico*, proceedings of the 2nd National Conference of Green City, Milano, 16-18 July 2019, Green Urbanism, Milano, pp. 5-65.
- United Nations (2015), *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, UN, New York, US.

CULTURAL (AND CLIMATIC) REGENERATION PER LA CITTÀ STORICA

Gaia Turchetti¹

Abstract

Molteplici sono gli aspetti di una rigenerazione urbana che investono non solamente la sfera economica, ma anche quella sociale e culturale e non ultimo climatico-ambientale. Questa breve trattazione cercherà pertanto, alla luce del dibattito contemporaneo, di rileggere alcuni concetti chiave, (ri)formulando modelli trasformativi alla luce di due parole chiave: orientare e coinvolgere.

Keywords: Rigenerazione urbana, Adattamento ai cambiamenti climatici, Microclima urbano, Città storica

¹ PDTA - Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Sapienza University of Rome, gturchetti.arch@yahoo.it

Orientamento e coinvolgimento: due parole chiave

Comprendere, interpretare, condividere e trasformare sono termini chiave di un processo eco-sistemico del progetto, processo che ha alla base una propria 'infrastruttura culturale' (Sacco et al, 2008), guida di ogni azione di orientamento e/o coinvolgimento dei soggetti interessati.

“Orientare”, in relazione agli aspetti di trasmissione, formazione e insegnamento ma anche sperimentazione di nuovi linguaggi, è una delle prime azioni da intraprendere, base per una condivisione e un coinvolgimento consapevole.

In un'ottica olistica duplice dovrebbero essere le strategie d'azione: una “gerarchica”, orientata alla condivisione del processo dalla macroscale alla scala locale, ed una “orizzontale”, che incentiva il dialogo tra realtà locali su metodologie operative da seguire già dalle prime fasi della pianificazione, fornendo linee di indirizzo generali e costruendo scenari compatibili con le reali necessità di un tessuto sociale, culturale, urbano. L'importanza di questo tipo di approccio inter-scalare e inter-settoriale risulta essere ancor più evidente in rapporto a scenari complessi, come quelli storici, dove ad una politica complessiva di riduzione dei consumi e adattamento e mitigazione ambientale, vanno attentamente integrate politiche culturali e sociali specifiche rivolte alla tutela.

In questo particolare contesto storico possiamo rileggere il binomio (orientare/condividere) considerando da un lato le esigenze culturali di coinvolgimento della collettività (scientifica e non) su tematiche ormai conosciute e acquisite – come la conservazione e valorizzazione del patrimonio – e dall'altro operazioni di orientamento legate al dialogo tra le esigenze della tutela e quelle ambientali e microclimatiche. Studi, ricerche, sperimentazioni sul campo mirano, soprattutto negli ultimi anni, a costruire un processo partecipativo di trasformazione urbana – anche per la città storica – in cui tradurre e sistematizzare quanto percepito in strumenti e metodologie da condividere.

Dal modello *culture* a quello *climate* per la città storica

L'attenzione sempre più crescente a fattori non solo economici, ma anche sociali e culturali ha portato a mutare nel profondo i processi di rigenerazione urbana, arrivando a strategie integrate che investono una molteplicità di aspetti collegati (Roberts and Sykes, 2000; Couch et al, 2003; UN, 2020), con obiettivi quantitativi ma anche, e soprattutto, qualitativi: coesione ed assistenza sociale, qualità della vita, qualità dell'ambiente costruito, pro-

spettive economiche, miglioramento della governance, solo per citarne alcuni. Tutte queste azioni vedono nella cultura un fattore strategico.

Partendo, quindi, da questo presupposto e richiamando il binomio coinvolgimento/orientamento visto prima – base di qualsiasi processo di cambiamento – si è provato a parafrasare i modelli più conosciuti e condivisi di rigenerazione culturale, rileggendoli in diretta relazione alle necessità non solo di tutela ma anche di adattamento climatico della città storica.

Partiamo dalla classificazione proposta da Evan e Shaws (2004) in uno studio per il Ministero della Cultura, Media e Sport della Gran Bretagna. I due studiosi proposero tre modelli, che si differenziano in base al diverso ruolo e posizione occupato dalla cultura nel processo:

- *culture-led regeneration*: in cui la cultura è trainante nelle politiche di rigenerazione, acquisendo un ruolo preminente sull'intero processo;
- *cultural regeneration*: in cui le attività culturali sono integrate con attività in campo ambientale, sociale ed economico;
- *culture and regeneration*: in cui azioni culturali ed azioni di rigenerazione urbana procedono su binari paralleli ma separati senza reali e concrete integrazioni.

Se il primo e terzo modello sono forse i più comuni e “relativamente” più semplici da seguire, il secondo richiede una complessa commistione tra obiettivi ed interessi diversificati che, non in ultima battuta, dovrebbero inglobare anche il fattore ambientale.

Questo secondo scenario è e deve essere possibile anche in tessuti fragili come quelli storici – fortemente colpiti dal fenomeno dell'UHI – dove il legame ecosistemico tra tecnologia, natura e cultura è estremamente importante. Qui è necessario abbandonare l'immobilismo erroneamente sotteso al termine “conservazione”, e ripensare a una dimensione progettuale “generativa” dove al termine “vincolo” si sostituisce quello di “opportunità”, ed “efficienza” ed “efficacia” si possono leggere in un'ottica di rendimento energetico e culturale.

Spostando l'attenzione, quindi, dal termine “cultura” a quello di “clima”, potremmo definire i seguenti modelli:

- *climate-led regeneration*: in cui il clima è il motore della rigenerazione;
- *climatic regeneration*: in cui il clima è una delle variabili del processo, insieme a tematiche sociali, economiche e culturali;
- *climate and regeneration*: dove rigenerazione e fattori climatici sono due azioni mai convergenti, se non marginali-

mente.

I tre modelli sono – come nel caso della cultura – sia pensabili separatamente sia sovrapponibili, rintracciandone aspetti comuni frutto, nel lungo periodo, di un cambiamento del processo stesso.

Il primo dei tre modelli sembra forse maggiormente indicato in quei processi di “generazione” prima ancora che di rigenerazione, dove il “nuovo” prevale rispetto all’ “esistente”. Un modello in cui il primario e fondamentale fattore è l’attenzione all’ambiente è, infatti, prevalentemente auspicabile in uno scenario di nuova edificazione dove i limiti dell’esistente sono assenti o comunque marginali. In contesti storici e consolidati dove a prevalere sono le logiche di tutela, i modelli applicabili dovrebbero essere prevalentemente gli ultimi due.

Nel terzo modello potrebbero confluire tutte quelle politiche di rigenerazione urbana in cui il tema ambientale occupa, però, un ruolo marginale nel processo, intervenendo spesso alla fine quale supplemento poco significativo e quindi spesso poco efficace. È il caso di molti interventi più estetici che funzionali in cui l’inserimento di coperture verdi, aree permeabili, alberature ecc., vorrebbe compensare una azione di per sé poco attenta ai fattori ambientali, percependosi come superfetazione superflua.

Il secondo modello (*climatic regeneration*) al pari di quello *cultural*, è quello che, al contrario, dovrebbe incentivare una corretta processualità progettuale, integrando sin da subito tematiche climatiche con aspetti sociali, economici, e non ultimo culturali in linea con le strategie “*climate proof*” volte alla verifica della pianificazione proposta durante l’intero ciclo di vita dell’intervento, in un processo di adattamento flessibile in corso d’opera grazie ad un continuo monitoraggio dei risultati. Passare però da politiche ad azioni concrete sul territorio richiede diversi passaggi, da quello conoscitivo, volto a ottimizzare le capacità di adattamento, a quelli tecnologico e operativo a sostegno delle varie azioni.

Orientamento/coinvolgimento nel modello *cultural and climatic regeneration*

Il legame con la cultura resta quindi imprescindibile ed è il perno per la scelta di azioni, tra tecnologie e natura. Come si riporta, infatti, nelle recenti linee OECD e nei 17 Obiettivi SDGs dell’Agenda 2030, il processo di rigenerazione urbana passa anche e soprattutto attraverso un’attenta valutazione del fattore culturale affinché il processo di adattamento si possa radicare consapevolmente nella pratica quotidiana di chi vive il territorio e si possa attivare un reale percorso di cambiamento.

Il binomio orientamento/coinvolgimento si rintraccia a qualsiasi scala, dalla micro alla macro, dall’edificio al territorio. Indipendentemente dalla dimensione del progetto, però, informazione e inclusione (partecipativa) possono considerarsi non solo obiettivi primari della pianificazione strategica ma anche fattori fondanti da cui partire. Formazione, ascolto e coinvolgimento del pubblico sono infatti gli elementi chiave del nuovo approccio della Politica di Coesione dell’UE espressi dalla Commissione Europea. Con il *Community-led Local Development* (CLLD) ovvero sviluppo locale di tipo partecipativo, la CE promuove strategie di sviluppo integrate e multisettoriali concepite prendendo in considerazione le potenzialità e le esigenze locali, la creazione di una rete e, dove opportuno, la cooperazione tra tutti i soggetti coinvolti, utilizzando strumenti come il partenariato pubblico-privato per la semplificazione e l’incentivazione dei processi. Come si specifica nel documento, questa metodologia «consentirà un utilizzo integrato dei Fondi per l’attuazione di strategie di sviluppo locale» (EC, 2014). Ciò potrà servire per

configurare anche una nuova “*community governance*” (Gibelli, 2007) capace di superare ostacoli economici e amministrativi verso una trasversalità e multidimensionalità della pianificazione.

Nel panorama italiano, esempi di *cultural and climatic regeneration* emergono da interessanti indagini condotte su scala nazionale ed internazionale, come il “Cultural and Creative Cities Monitor” della Commissione Europea (in cui azioni di singole città vengono analizzate e indicizzate in relazione a “Cultural Vibrancy”, “Creative Economy” e “Enabling Environment”) o l’interessante studio “Ecosistema Urbano 2019” condotto da Legambiente (una fotografia sulla performance ambientale delle città). Se leggiamo in parallelo le due indagini emerge un’Italia a velocità variabile che solo in parte da risposte positive a quelli che l’*Urban Agenda* definisce come pilastri prioritari per il cambiamento urbano: regole, risorse e conoscenze.

Abbiamo da un lato grandi comuni del Nord che emergono, con un *Cultural and Creative Cities Index* maggiore di 15 punti rispetto a realtà del Sud, ma, di contro, piccoli comuni meridionali che, grazie a interessanti progetti a breve, medio e lungo termine, scalano la vetta della classifica delle 104 realtà analizzate da Legambiente, facendo emergere una interessante lettura multiscale del problema.

Accanto a ciò, poi, emerge un sempre più fiorente tessuto di network in cui, nell’ambito di processi prevalentemente *bottom-up*, risulta ancora più evidente il binomio orientare/coinvolgere rivolto al singolo cittadino. Come afferma Carlo Ratti (Ratti e Claudel, 2019), infatti, la città ha sempre più una duplice natura, fisica e digitale, e la sfida del prossimo futuro sarà legata al monitoraggio e quindi comprensione e orientamento di flussi metabolici bidirezionali in cui e persone sono attori fondamentali (Shaw, 2018). Perno di questo rapporto binario è il consapevole utilizzo della tecnologia quale strumento per incentivare azioni più consapevoli, rendendo nel tempo più efficienti i sistemi urbani anche storici, come dimostra uno dei primi studi condotti sulla città di Roma dal MIT dal titolo *RealTime Rome*. Intersecando dati in tempo reale si possono più facilmente comprendere i reali flussi urbani che se sapientemente interpretati possono incentivare azioni puntuali od estese di *cultural and climatic regeneration*.

Non in ultima analisi, poi, ci dovremmo chiedere come rileggere il binomio orientamento/coinvolgimento alla luce della pandemia di Covid-19. Si assiste a innumerevoli dibattiti, *webinar* e articoli sul tema dei cambiamenti climatici o sulla necessità della cultura come elemento pregnante nei processi di condivisione sempre più digitali. Ci si dovrà chiedere, però, come la “teoria digitale” si trasformerà in operatività concreta e che impatto avrà sui processi rigenerativi sopra descritti.

Conclusioni

Questa breve riflessione vuole dare una differente lettura a concetti consolidati, letti secondo un diverso punto di vista, per facilitare quel processo di dialogo multidisciplinare e multiscale che è, come visto, alla base di un processo di condivisione di contenuti ed azioni, necessario per individuare un corretto equilibrio tra tecnologie, natura e cultura.

Politiche di rigenerazione urbana non solo climatiche ma anche – in parallelo – culturali, sociali ed economiche vanno attentamente lette e calibrate, infatti, nel rispetto dei principi di integrabilità e *concinntas* con le stratificazioni di tessuti urbani e sociali esistenti e consolidati, in una visione multidisciplinare che mira ad estrarre da questa “collaborazione” un filo conduttore comune e definire una epistemologia di sintesi.

Lascio in conclusione un punto di domanda sull'impatto che la pandemia sta avendo ed avrà su questi processi trasformativi, quesito che si potrà sciogliere seguendo con attenzione il processo di riattivazione della società mondiale, i cambiamenti comportamentali che stanno nascendo e nasceranno, in maniera forzata o in forma spontanea, consapevole che – rileggendo in altra chiave una frase di Giulio Carlo Argan (1986) – «se solo l'interesse della collettività potrà salvare il patrimonio culturale e ambientale, solo il patrimonio culturale e ambientale potrà salvare l'individuo e la collettività dalle conseguenze fisiologicamente e psichicamente nefaste dello stato di alienazione, di non-adattamento».

References

- Argan, G.C.(1986), "Beni culturali: ma di chi?", *Insegnare*, vol. 2, p. 7-8.
- Couch, C., Fraser, C. and Percy, S. (2003), *Urban regeneration in Europe*. Blackwell, Oxford, UK.
- EC (2014), Community-led local development, available at: www.ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/brochures/2014/community-led-local-development
- Evans G. and Shaw P., (2004), *The contribution of culture to regeneration in UK: A review of evidence. A report to DCMS*, LondonMet, London, UK.
- Gibelli M.C., (2007), "Piano strategico e pianificazione strategica: un'integrazione", *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, vol. 89, pp. 211-222.
- Ratti, C. and Claudel, M. (2019), "SENSEable City – conversation" in Del Signore, M., Riether, G., *Urban machines: public space in a digital culture*, vol. 51, pp. 208-213.
- Roberts P. and Sykes H., (2000), *Urban Regeneration, A Handbook*, SAGE Editor, London, UK.
- Sacco P.L., Tavano Blessi G. and Nuccio M., (2008), *Culture as an Engine of Local Development Processes: System-Wide Cultural Districts*, Working Paper IUAV, Venezia, IT.
- Shaw, S.L. and Sui, D. (2018), *Human Dynamics Research in Smart and Connected Communities*, Springer, Switzerland, CH.
- UN (2020), *Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development*, available at: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202020%20review_Eng.pdf

DIGITAL MODELS FOR ADAPTIVE URBAN OPEN SPACES

Renata Valente¹, Roberto Bosco²

Abstract

The adaptive environmental project requires complex analysis and responses, also through interdisciplinarity extended to the field of social and cultural diffusion. Digital technology informs and develops methods of investigation, design, implementation and activation of places, with different tools to inter-connect. The contribution offers a critical reading of the project tools of the green stormwater infrastructures system at urban site scale, presenting approaches, dedicated software, an application case and a research through design.

Keywords: Interdisciplinarity, Green stormwater infrastructures, Ecosystem-based adaptation, GIS x GSI, Prioritizing models, Epistemology

¹ Department of Engineering, University of Campania Luigi Vanvitelli, renata.valente@unicampania.it

² Department of Engineering, University of Campania Luigi Vanvitelli, roby.bosco@gmail.com

Complex knowledge

While the inescapable application of adaptation strategies and mitigation actions within environmental requalification requires complex analyses of the characteristics and vulnerability of places, the development of local research highlights the lack of appropriate territorial information among the main emerging problems. Data, which should be produced by public authorities for land management processes, are often not sufficient and homogeneous, nor shared with different institutions operating in the same areas. On the contrary, the management and diffusion of geo-referenced information allow the construction of integrated cognitive frameworks. This promotes decision-making processes through the readability of complex information, supports analysis, digital design and monitoring in adaptive processes, enhances the efficiency of interventions, prevents and helps to manage emergency situations. It is precisely in this sense that a real interdisciplinarity between urban planning, hydraulics, geology, environmental and technological design, as well as sociology, economics and humanistic cultures is crucial.

«It is only through understanding and engaging the existing nature of our cities as complex, networked artifacts that we can design for, and imagine, a robust and resilient future for them. [...] it is impossible to truly imagine physical resilience without social, cultural, and economic resilience as well » (de Monchaux, 2016). The project is thus the product of urban adaptation, context and even “serendipity”, according to the concept of “landscape of adjacent possibilities”¹, recalling new epistemologies and expanded scientific fields.

The inter-scalar vision of environmental design also adds the dynamic interdependence between local aspects, components of designed environmental systems and the co-evolutionary dynamic operation of more general models while pervaded by the dimension of uncertainty. In this framework, digital technology has several roles as a tool for analysis, design, management and enhancement of the site, as well as community involvement, allowing to build hybrid networks to encourage and support *place-making* and environmental restoration processes.

Digital tools

A computerized model of integrated environmental design will be all the more effective the more information will be inserted in it. For this to happen, it is necessary to have adequate skills to manage the project by the different involved operators and software flexibility, requiring the integration and exchange of data between different platforms, through the management of files on applications designed for very different sectors of intervention. Moreover, the amount of climate data analysis becomes an integral part of the complex of project elements through the specially created applications (Envi-MET and TownScope among the most used).

At present, almost all the digital tools for the adaptive project refer to the large scale², offering poorly detailed working environments on an urban and site scale. On the other hand, applied research shows the importance of developing the inter-scale aspect, in relation to the responsiveness of the considered complex systems, and it is in this sense that interoperability between BIM and GIS models is also evolving in recent years (Song et al., 2017). It is interesting to note that the efforts of software producers are aimed at filling this gap: Autodesk proposes, for example, within its well-known design suite, the *InfraWorks360* module that allows to work, in 3d (point clouds) and on a geo-referenced cartography, on infrastructure projects at the urban scale, integrating the above mentioned technologies.

The *Adaptation Support Toolbox* (AST) is a planning methodology for creating a resilient and ecologically sustainable urban environment. It enables the selection of appropriate climate change adaptation measures for local topography, climate and city layout, as well as the production of an urban adaptation plan that meets all the stakeholders' key needs. The AST shows the impact of the proposed measures against multiple urban parameters allowing stakeholders to take informed decisions, providing key figures on performance, costs and benefits. Across the Atlantic, the *Blue Green Dream Project*³, coordinated by the Imperial College London with the support of the European Union, has developed interesting tools for a systemic approach to sustainable, resilient and economic urban development. The *Urban Water Optioneering Tool* simulates the urban water cycle by modelling

¹ Kaufmann S. (1995), *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity* New York: Oxford University Press.

² cfr. *Designing Adaptation Initiatives Toolkit*, UN Development program.

³ <http://bgd.org.uk>

its use from the level of domestic appliances. The software can model the effects of green infrastructure and water use on a network of buildings, predicting water/energy savings in different future scenarios, such as climate change or population growth. The available programs in the suite are in fact designed for planning, design and management of water systems and urban green areas. The decision support software included in the suite is designed to select the most appropriate tools for projects and areas of interest. The matrix of solutions created on the basis of criteria defined by the designer produces a ranking of the blue-green solutions that can be adopted, allowing the selection of the most appropriate ones for the given context and saving time in the meta-project phase in which the feasibility and effectiveness of the different possible scenarios are considered.



Fig. 1

Numerous cities in the United States carry on advanced rain-water management projects which have become commonplace in urban technology retrofit and development planning. Those administrations have developed evolving operational protocols based on the *Ecosystem Based Approach or Adaptation* (EBA): good practices include the involvement of citizens through the publication of resources to determine the best solutions for disposal. In addition, the EPA (United States Environmental Protection Agency) provides the *Storm Water Management Model* (SWMM), a dynamic model for the simulation of rain runoff in urban areas, used for single or continuous events, which has become an international standard.

Specific applications

The different national conditions about the local green infrastructure project reflect in the chronological excursus of the main international contributions on the topic. Many urban *Green Stormwater Infrastructures* (GSI) to survey and systematize appears in the presentation of *ecoSmart Landscapes*, a software to assess the effects of GSI already implemented by private entities in individual lots in the United States (McPherson et al., 2014)⁴. This tool was supported by SUSTAIN, an application designed to map and model the functioning of GSI (Shamsi et al., 2014). The limit of these applications, also related to the *Rain Ways* modelling module, is the restriction of use to the United States or even to specific areas of them.

This led to studies of complex digital systems applications for public open space projects, trying to cross-reference literature data with thermal and perceptual analysis, but often experimenting partial and unconnected projects (Pezzica et al., 2017). Christman et al. (2018) present a model for prioritizing GSI's



Fig. 2

implementations in Philadelphia based on social factor considerations, stressing the need for a holistic model that simultaneously optimizes ecological, economic and social benefits. Examining four main types of interventions⁵, the question arises as to which areas are suitable for the implementation of GSI based on both the physical constraints of the landscape and the objective of an equitable distribution of GSI. Therefore, four steps have been taken: the previous identification of high priority areas to achieve a more equitable distribution based on community context and capacity; the restriction of potential sites based on environmental constraints; the priority cataloguing based on social proximity criteria and finally the virtual and in situ assessment of the site, with considerations on implementation.

It was also recently presented SSANTO (Spatial Suitability ANalysis TOol) (Bach et al., 2019), GIS-based multi-criteria decision analysis tool that uses a flexible mix of techniques to map suitability for GSI in urban areas from two perspectives: "Needs" and "Opportunities". It combines biophysical and socio-economic, planning and governance criteria ("Opportunities") with criteria related to ecosystem services ("Needs"). By enabling the deep involvement of stakeholders together with experts in urban planning, the tool facilitates in-depth spatial analysis without investing large amounts of resources associated with manual processes, to facilitate the assessment of multiple scenarios. Paradoxically, in this case what is less considered is just the hydrological aspect; however, even if it fails in the all-embracing dimension, the need is reported.

A recent North American experience

The City of Berkeley (CA, USA) launched its *Green Infrastructure Plan* in July 2019, in accordance with the *Stormwater Municipal Regional National Pollutant Discharge Elimination System Permit* (MRP2). Through the use of GIS-based analysis, the plan identifies eleven priority sites for GSI, also anticipating that the city will need to treat runoff from a total area of another 17 acres by 2030 and a further 19 by 2040 to meet regional PCB and mercury reduction targets. Since the beginning of the 2000s, green infrastructures in Berkeley have greatly increased: only in 2019, more than fifty green infrastructures were installed as part of the city's "Green Streets" initiatives and as projects by some landowner⁶. The innovative and interesting aspect of this case concerns the operational process of the plan, consisting of the Multi-Benefit Prioritization Tool, the City of Berkeley Land-

⁴ The necessity continues to be stressed afterwards (Xu et alii, 2018).

⁵ (trenches, rain gardens, permeable paving and green roofs).

⁶ City of Berkeley (CA, US), Green Infrastructure Plan Adoption, September 10, 2019.



Fig. 3

Use-Based Micro-Watershed Pollutant Load Estimation Tool (“Micro-Watershed Tool”), the ArcGIS Online web application from Alameda County and the ArcGIS online tracking and load reduction project using the ArcGIS Online tool (“AGOL tool”).

The Multi-Benefit Prioritization Tool includes a GIS analysis conducted in Alameda County (Countywide Stormwater Resource Plan Screening and Prioritization). It identifies planned projects, publicly owned plots (including only those with a size of at least 0.1 acre and an average slope of less than 10 %), as well as non-interstate public pass-through areas (ROW) within urban areas. The next step of GIS analysis ranked the planned projects and opportunity sites identified, scoring projects with an automated assessment based on feasibility and need indicators. The evaluation results are collected in a *Master List* included in *Alameda Countywide Clean Water Program’s Storm Water Resource Plan*. In addition, the Municipality of Berkeley has developed the “Micro-Watershed Load Estimation Tool” as a complementary tool to the priority-setting tool. Designed to place green infrastructure installations in locations that maximize PCB and mercury load reduction, it offers as a result a GIS Shapefile with approximately 1,000 polygons. These represent all the small drainage areas for which the quantity of each historical land use category was calculated, on which basis the assumed yield of PCBs is identified⁷. The efficiency factor for the treatment of green infrastructure was calculated for each micro-basin, divided then by the total area of each drainage area, producing a PCB reduction potential per acre. The Municipality of Berkeley manages the tool as a database where, in addition to the level representing the PCB reduction potential for each micro-basin, all other GIS levels of the city can be displayed to correctly inform planning decisions⁸.

Research through environmental site design

Within a Project of Relevant National Interest on *adaptive environmental design*⁹, the local operational unit coordinated by the writer has elaborated since the beginning of 2017 a *green street* project in the Italy Campania Region in order to deduce an application model that crosses the international good practices import with local characteristics and criticalities. Among these are the difficulties of finding basic data, updated surveys, useful spaces and administrative preparation, considered as indications for the development of an appropriate protocol for a

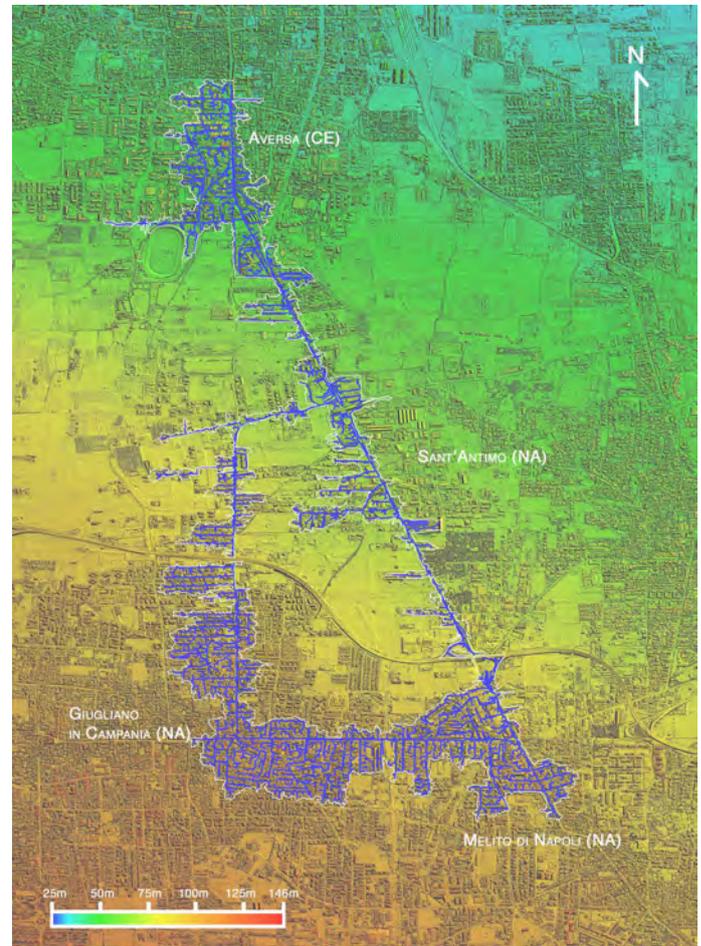


Fig. 4

disadvantaged context in which virtuous approaches would not be blocked. By building a simplified model informed on an integrated vision, delay is interpreted as an opportunity to learn from the most advanced experiences, setting *ab initio* interactive data bases on GIS and scenario models with prioritizations that are useful tools for local governments to coordinate each intervention with the general framework. The aim is to identify methods and models that can be implemented to provide adaptable solutions for environmental and social pressures, in the encounter between the complexity of the built landscape and the power of the digital tool.

The theme develops the necessary interdisciplinarity intrinsic in the eco-systemic approach to the project, correlating these aspects with the instrumental and epistemological ones. The approach of every environmental requalification work, through the sustainable management of rainwater and the resulting transformations, is affected by the updating of the available tools, with semantic, figurative, ecological as well as social consequences. Having identified the drainage area on an intermunicipal connecting artery through LIDAR data processed through GIS, the hydrological analysis outlined the sub-basins and flood risk areas. By crossing interdisciplinary environmental reading layers and analyses through general and special areas indicators, the model drives the choices of positioning, sizing and realization of *nature-based* devices, collected in an interactive database.

The approach tends towards the design of intensive performance spaces with environmental and social contributions,

⁷ *Ibidem*.

⁸ In-depth critic of the case study is reported in the text *Mediterranean Green Streets*, ed. R. Valente, currently in preparation by CLEAN publisher, Naples, Italy.

⁹ PRIN 2015 “*Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani in Regime di Cambiamento Climatico*”, P.I. M.R. Losasso.



Fig. 5

aspiring to build self-regulated networks of responsive GSI, which will enhance the co-evolution of green streets also thanks to techno-social sensors. *Research through environmental site design* therefore experiments the operating framework for an appropriate, adaptive, hybrid, systemic, performative, generative environmental project, provoking interaction and producing technologically integrated spaces that connect information and create a social production of space.

Thanks to the inter-scalar approach, in the project-research the wide vision of the basin is integrated with systems of responsive elements for public space, proposing hybrid realities with physical and virtual installations (Djukić and Dubravko, 2016). The designer's task is also to induce users to discover new meanings of places through a proactive design that routes and makes latent ecologies readable, encouraging to follow more discursive and conceptual ways of moving, discovering new meanings (Suurenbroek et al., 2019).

This project criterion refers to the existence of new epistemologies and interrelated approaches, where the use of nature-based solutions becomes an opportunity for the dispersion of a myriad of interventions that have also the value of catalyzation and social vivification, referring to the lost political importance of the own designers' work.

«It's about regaining a possible political dimension to one's work... long rejected in favor of the primacy of solitary doubt»¹⁰, while the times we are forced to live violently question us about the profound meaning of our actions.

The paragraph "Digital instruments" was written by Roberto Bosco, the others by Renata Valente.

References

- Bach, P. M., Roberts, S., Browne, D., Deletic, A. and Kuller, M. (2019), "A planning-support tool for spatial suitability assessment of green urban stormwater infrastructure", *Science of the Total Environment*, vol. 686, pp. 856–868.
- Christman, Z., Meenar, M., Mandarano, L. and Hearing, K. (2018), "Prioritizing Suitable Locations for Green Stormwater Infrastructure Based on Social Factors in Philadelphia", *Land*, vol. 7, p. 145.
- de Monchaux, N. (2016), *Local Code: 3,659 Proposals About Data, Design & the Nature of Cities*, Princeton University Press, Princeton NJ.
- Djukić, A. and Dubravko, A. (2016), "Mixed Reality Environment and Open Public Space Design", *Places and Technologies*. available at: <http://>

- cyberparksproject.eu/sites/default/files/publications/aleksandra_djukic_dubravko_aleksic_mixed_reality_environment_and_open_public_space_0.pdf
- McPherson, E. G., Xiao, Q., Purohit, J., Dietsberger, M., Boardman, C. R., Simpson, J. and Peper, P. (2014), "ecoSmart Landscapes: A Versatile SaaS Platform for Green Infrastructure Applications in Urban Environments", in Ames D. P., Quinn N. W.T. and Rizzoli A. E. (ed.) *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)*, proceedings of the 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software, San Diego, CA, USA, pp. 115-132.
- Pezzica, C., Lopes, J. V. and Paio, A. C. R. (2017), "Tomada de decisão informada em projeto: da análise digital ao desenho urbano: uma abordagem contemporânea à reabilitação do espaço público aberto", *Gestão e Tecnologia de Projetos*, vol. 12, pp. 9-26.
- Shamsi, U.M., Schombert J.W. and Lennon, L.J. (2014), "SUSTAIN Applications for Mapping and Modeling Green Stormwater Infrastructure" *Journal of Water Management Modeling*, vol.3, p. 79.
- Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P. and Hampson, K. (2017), "Trends and Opportunities of BIM-GIS Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective", *International Journal of Geo-Information*, vol. 6, pp. 397.
- Suurenbroek, F., Nio, I. and de Waal M. (2019), *Responsive Public Spaces*, available at: https://responsiveurbanspaces.amsterdam/wpcontent/uploads/2019/04/Responsive-Public-Spaces_HvA_2019_UK_v5.pdf
- Xu, X., Schreiber, D. S. P., Lu, Q. and Zhang, Q. (2018), "A GIS-Based Framework Creating Green Stormwater Infrastructure Inventory Relevant to Surface Transportation Planning", *Sustainability*, vol. 10, pp. 10-47.

10 Tagliagambe, S. (2013), "La città e le nuove modalità di costruzione degli spazi pubblici", in L.M. Plaisant ed., *I luoghi della vita*, Edizioni Della Torre, Cagliari, pp. 63-100.

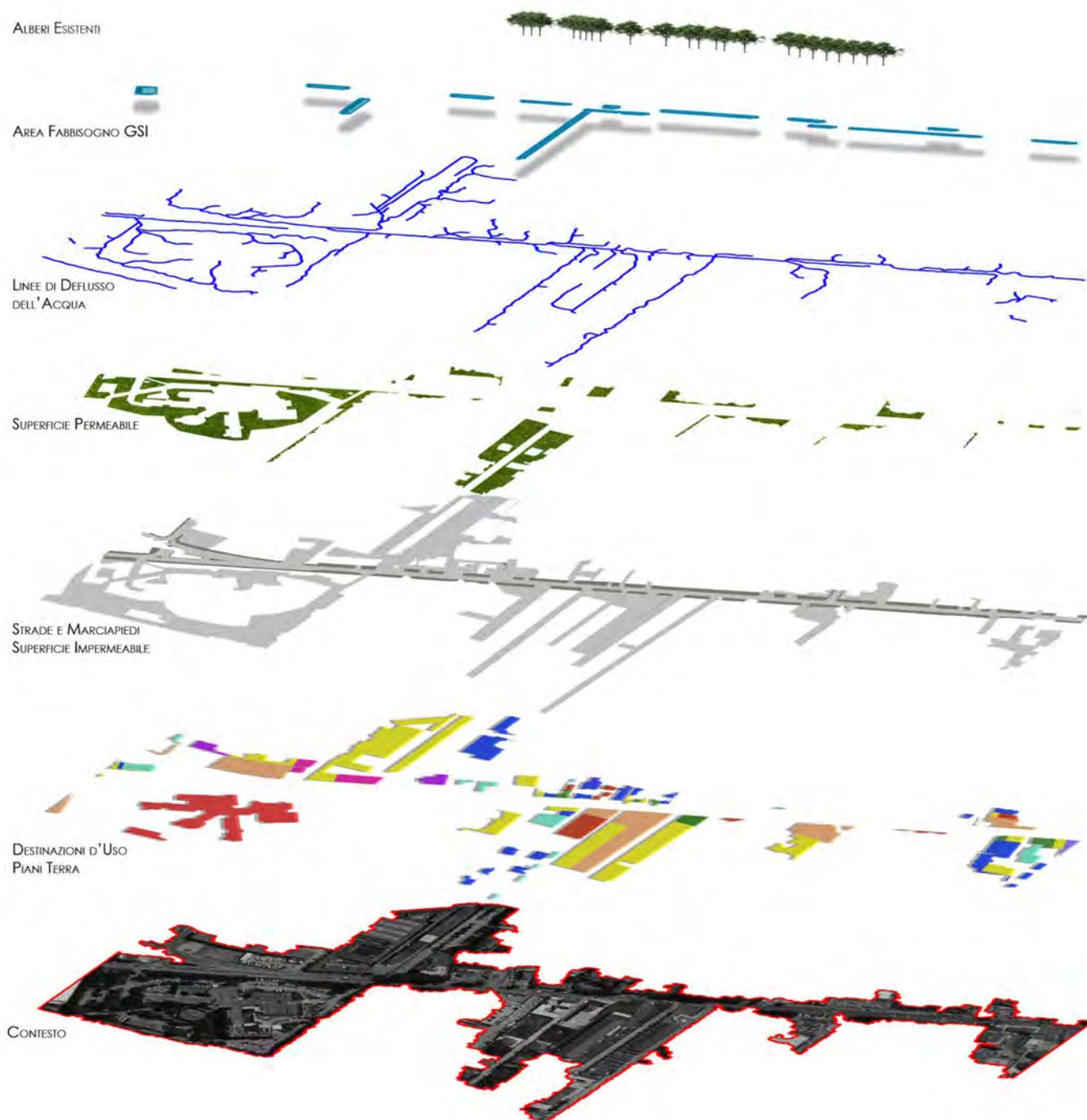


Fig. 6

Fig. 1 - Application of AST for flooding reduction: selected solutions are applied in the project area; the tool calculates the performance indicators on inputs and data provided by the integrated AST database. Credits: Deltares, NL, Blue Green Dream's Adaptation Support Toolbox for climate resilient urban design

Fig. 2 - Berkeley (CA, USA) An existing bioswale at Presentation Park detains, treats, and infiltrates runoff from Allston Way. Credits: City of Berkeley

Fig. 3 - City of Berkeley Green Infrastructure Plan 2019. Multi-Benefit Prioritization Tool. Credits: City of Berkeley

Fig. 4 - R. Valente et al., PRIN 2015. Research through Adaptive Design: Aversa-Melito green street. Drainage area and water flow lines.

Fig. 5 - R. Valente et al., PRIN 2015. Research through Adaptive Design: Aversa-Melito green street. Micro-watershed, water flow lines and GSI requirements.

Fig. 6 - R. Valente et al., PRIN 2015. Research through Adaptive Design: Aversa-Melito green street. Overlay of thematic analysis maps.

RIGENERAZIONE URBANA E MITIGAZIONE CLIMATICA

IL CASO DELL'EX FERROVIA DI ADRANO (CT)

Fernanda Cantone¹

Abstract

Rigenerare significa oggi ricostruire una relazione tra sistema naturale e sistema antropico. La ricerca, a partire dalle analisi sul sistema tecnologico e sulle prestazioni del costruito esistente, approfondisce gli aspetti delle condizioni climatiche avverse (isole di calore) e le analizza in funzione di soluzioni tecnologiche innovative, con l'aiuto di strumenti digitali e software dedicati (ENVI-MET). Il caso studio è una zona di Adrano caratterizzata dall'interramento della ferrovia. L'obiettivo è un progetto eco-sistemico, in cui tecnologia e natura restituiscono luoghi di vita agli abitanti.

Keywords: Rigenerazione urbana, Benessere termo-igrometrico, Digitalizzazione, Simulazione, ENVI-met

¹ DICAR - Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura, Struttura Didattica Speciale di Architettura, Università degli Studi di Catania, fcantone@unict.it

L'approccio eco-sistemico e la rigenerazione

Con approccio eco-sistemico si intende l'uso del capitale naturale da parte delle persone per adattarsi agli impatti del cambiamento climatico; è un ambito ormai consolidato che tiene conto dell'uso sostenibile delle risorse. Nel Piano Strategico Globale per la Biodiversità 2011-2020 si conferma che la conservazione della diversità sia determinante per il mantenimento della fornitura di beni e servizi ecosistemici a beneficio dell'uomo e configura una pluralità di scenari capaci di adeguarsi alle difficoltà della progettazione sul costruito. Tra questi, anche la rigenerazione.

Rigenerare significa oggi riconnettere, ricostruire una relazione cruciale per la qualità e l'idoneità del tessuto storico: «ricongiunzione o “riconciliazione” fra elementi identitari del luogo, “rianimazione” di un'area privata delle sue originarie funzioni» (Di Giulio, 2013). La rigenerazione in chiave ecosistemica deve considerare sia il declino della città, sia la consapevolezza che si può intervenire in maniera più incisiva ed ecologica (Musco, 2009). Si tratta delle politiche ambientali, oggi di seconda generazione, che conducono alla ri-programmazione delle modalità di intervento, per meglio distribuire le azioni di riqualificazione/riuso, manutenzione e gestione. L'approccio eco-sistemico, in questo senso, sfrutta la capacità della natura di tamponare gli effetti negativi del cambiamento climatico attraverso la fornitura di progetti e tecnologie ecosistemici, pur mantenendo la sua principale vocazione progettuale: restituire l'anima alla città, una città civile, ecologica, accogliente e viva, grazie ai nuovi materiali prodotti.

La digitalizzazione

Le iniziative sistemiche per lo sviluppo del digitale, sono oggi numerose e, per la maggior parte proficue. La digitalizzazione è definita come «conversione di grandezze analogiche in informazioni digitali, effettuata mediante un dispositivo, detto digitalizzatore o convertitore analogico-digitale» (Treccani on line). Nel 2016, uno studio della Harvard Business Review ha messo in evidenza come la digitalizzazione sia uno strumento per migliorare le prestazioni del bene su cui si applica (Gobble, 2018), per cui i più importanti produttori di software, consapevoli che

la complessità tecnologica, organizzativa e contrattuale delle opere da progettare richiede una drastica riduzione del rischio, stanno tentando di trasformare l'incertezza in prevedibilità (Ciribini, 2017); propongono quindi strumenti che si specializzano e si implementano sempre più attraverso modellazioni tridimensionali, simulazioni sia sullo stato del sistema costruito, sia sulle soluzioni progettuali e tecnologiche da adottare. Le simulazioni sui processi fisici e climatici rappresentano uno strumento utilissimo per un progetto eco-sistemico.

Il caso Studio: ex ferrovia di Adrano (la Linea)

In Italia, gli edifici costruiti dopo il 1945 sono, spesso, espressione di bassa qualità e di alto livello di consumi. È il caso di Adrano, in provincia di Catania dove, in prossimità della ferrovia, realizzata nel 1889 per collegare trenta comuni intorno al capoluogo, è sorta una vasta area edificata che confina con il centro storico. La ferrovia ha diviso la cittadina in due e ne ha limitato i contatti. Questa vasta area è chiamata la “Linea” (Fig. 1).

Nella Linea, gli edifici in prossimità del centro storico sono stati realizzati con muratura portante a una o due elevazioni, cornici e architravi in pietra bianca, intonaci bianchi o beige, coperture a falde, infissi in legno; nelle zone al di là della ferrovia invece c'è stata una edificazione smodata e intensiva: edifici a tre o quattro elevazioni, struttura portante in c. a., murature di tamponamento in forati, spesso in unico foglio, coperture piane o a falde in c.a., balconi con parapetti in c.a. o in metallo, nessun intonaco, infissi in alluminio anodizzato o pre-verniciato.

L'interramento della ferrovia, avvenuto in tempi recenti, ha lasciato un ampio vuoto a contatto con gli edifici, vuoto di cui si è impossessata la popolazione che ha iniziato ad utilizzarlo come una discarica a cielo aperto, facendo proliferare, inevitabilmente, la delinquenza e lo spaccio, abbattendo recinzioni e separazioni solo per migliorare i collegamenti (Fig. 2).

La ricerca

L'Amministrazione comunale, sensibile al problema, ha richiesto alla SDS Architettura, responsabile scientifico prof.ssa Fernanda Cantone, di individuare strategie di intervento da porre

in essere con progetti successivamente finanziabili. Una serie di incontri con gli Amministratori, con i tecnici della zona e con la popolazione ha dato l'avvio all'attività di ricerca. I *meeting* hanno posto l'accento sulla necessità di intervenire sul quartiere Linea per eliminare l'emarginazione e la delinquenza. Da un punto di vista esigenziale gli stessi hanno fatto rilevare prestazioni quasi inesistenti di benessere termo-igrometrico, mettendo in evidenza come il non finito e le tecnologie applicate producessero situazioni di caldo asfissiante in estate, sia all'interno che all'esterno degli edifici.

La conoscenza del comportamento climatico e biometeorologico di un insediamento urbano fornisce i dati necessari per la valutazione della situazione climatica attuale e, con l'aiuto di software di nuova generazione, può opporre risorse nuove per limitare fenomeni nocivi e negativi. Questi comportamenti hanno guidato i processi ideativi e validato scelte ecologiche. Con il contributo della Fisica tecnica e del prof. Francesco Nocera, a partire dalla tesi di laurea "Riciclo e mitigazione climatica. Linee guida la riqualificazione dell'ex ferrovia di Adrano", laureando Marco Esposito, 2017, la ricerca muove dal microclima della Linea di Adrano e dai fenomeni che in essa si manifestano, per proporre interventi di mitigazione e di miglioramento del benessere termo-igrometrico, all'interno di un progetto di rigenerazione urbana.

La ricerca si è articolata in fasi:

- studio del sistema tecnologico urbano (composizione materica degli edifici, delle strade, degli spazi aperti del quartiere Linea);
- individuazione delle condizioni climatiche avverse;
- eventuale presenza di isole di calore tramite strumenti digitali dedicati (software di simulazione);
- individuazione e confronto di tecnologie efficaci a mitigare le condizioni climatiche avverse;
- individuazione di strategie progettuali guidate dai risultati prodotti.

Il sistema tecnologico della Linea

Un sistema urbano, seppur di piccola scala come il quartiere

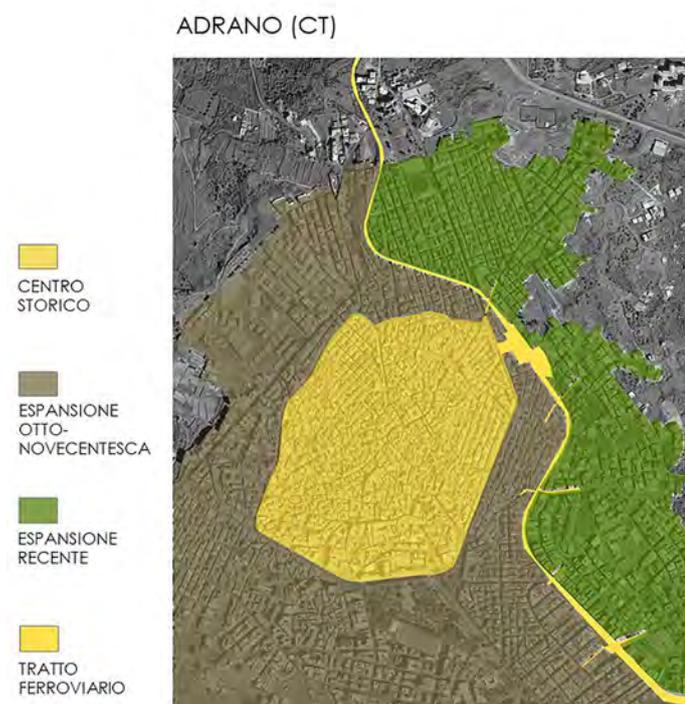


Fig. 1

Linea, è composto dal sistema edilizio, dal sistema della viabilità, dal sistema degli spazi aperti (verdi e/o lastricati). Tutti sono stati studiati nelle loro componenti tecnologiche e dimensionali.

Il comportamento del sistema edilizio della Linea è stato analizzato, oltre che nei suoi elementi tecnologici e dimensionali, anche con i dati relativi a riflettività, capacità termica, conducibilità termica, permeabilità dei materiali con cui è stato edificato.

Nel caso della Linea l'indagine ha evidenziato la presenza di edifici realizzati con materiali tradizionali, privi di isolanti e di accorgimenti per l'isolamento termico. Il sistema è quello tradizionale: calcestruzzo armato, laterizi, malte cementizie, alluminio per gli infissi.

Il sistema della viabilità – le pavimentazioni, i manti e i lastricati – nel quartiere Linea è realizzato con asfalto e marmette di cemento. Pochissimi, e di risulta, gli spazi aperti, alcuni incolti, altri utilizzati come pertinenze delle abitazioni.

Le condizioni climatiche della Linea

La zona della Linea è priva di vegetazione: è un intrico di strade strette e articolate, un labirinto di asfalto ed edifici di media altezza. È un luogo caratterizzato da "condizioni climatiche avverse" che producono un innalzamento della temperatura all'interno degli edifici. Queste "condizioni climatiche avverse" sono uno dei fenomeni climatici più pericolosi per il tessuto urbano cittadino. Si caratterizzano per la mancanza di aree verdi, per la mancata circolazione dell'aria nell'ambiente urbano (canyon urbani), per il maggiore assorbimento di calore da parte dei materiali da costruzione (Salvati et al., 2017), tutti elementi presenti nella Linea di Adrano e che definiscono la Linea come un'isola di calore. Queste (UHI, *Urban Heat Island*) sono un fenomeno microclimatico che interessa zone intensamente edificate dove, durante la stagione estiva, il calore si accumula e non riesce a disperdersi, a causa del persistente inurbamento, della fitta trama edificatoria, dell'assenza di aree verdi.

Per le isole di calore sono stati creati software di tipo prognostico e di modellazione tridimensionale (CFD, *Computational Fluid Dinamic*); essi simulano il microclima alla scala del quartiere. L'uso di questo strumento ha consentito di valutare il microclima della Linea. Il software utilizzato è ENVI-met, sviluppato per simulare il comportamento micro ambientale del tessuto urbano; è un modello di calcolo che tiene conto dell'ombra, dell'emissione e riflessione delle radiazioni prodotte dagli edifici, della vegetazione, nonché degli scambi di calore e di acqua, dei parametri meteorologici, dei flussi d'aria e delle turbolenze e ha fornito, attraverso simulazioni, uno stato delle condizioni climatiche della Linea.

I dati climatici locali sono stati forniti dal SIAS (Sistema Informativo Agrometeorologico della Sicilia).

Gli elementi considerati, riferiti al periodo tra il 2013 e il 2019, sono stati mediati tra di loro per ottenere i dati relativi ai valori di:

- temperatura istantanea;
- temperatura minima oraria;
- temperatura media oraria;
- temperatura massima oraria;
- umidità Relativa istantanea;
- umidità Relativa minima;
- umidità Relativa media;
- radiazione solare;
- direzione del vento istantanea;
- direzione del vento a 2 mt;
- velocità del vento a 2 mt media giornaliera;

TRATTO FERROVIARIO INTERRATO



Fig. 2

- temperatura minima giornaliera;
- temperatura media giornaliera;
- temperatura massima giornaliera;
- radiazione totale giornaliera.

Una volta definiti i parametri, sono state individuate due aree campione, definite Z1 con maggiori spazi aperti e Z2 con un tessuto urbano molto fitto. Il software così predisposto ha prodotto simulazioni e calcolato le turbolenze in presenza di edifici, la temperatura e l'umidità. Definiti i caratteri delle due zone, è stato necessario individuare sistemi e tecnologie per migliorare la situazione microclimatica.

Le tecnologie per le condizioni climatiche avverse

Una volta assunti i dati come caratteristiche base, sono stati individuati una serie di sistemi tecnologici per il miglioramento microclimatico da provare sugli edifici, sulle strade e sugli spazi aperti della Linea:

- sistemi *Cool Roof* per le coperture – Soluzioni migliorative per l'abbassamento delle temperature di superficie e interne;
- pavimentazioni stradali *Cool Pavements* – Soluzioni migliorative per l'abbassamento delle temperature dell'aria;
- soluzioni per spazi aperti *Park* – l'inserimento di biodiversità adatte alla zona per abbassare il livello di CO₂, migliorare la qualità dell'aria e aumentare le zone d'ombra;
- sistemi *Green Roof* per le coperture – Soluzioni migliorative atte a creare sugli edifici con tetti piani, tetti verdi non praticabili, per fornire più superfici verdi.

I *cool roof* presi in considerazione sono del tipo sistema sintetico FPO ad alta riflettanza con valore SRI (Indice di Riflettanza Solare) pari a 102 secondo la norma ASTM E1980, con una speciale colorazione bianca.

Per i *cool pavements*, sono stati considerati materiali contraddistinti da riflettanza solare più elevata dei materiali ordinari grazie a pigmentazioni e stratificazioni del rivestimento superficiale.

Per quanto riguarda gli spazi aperti *Park* sono state considerate piantumazioni sempreverdi resistenti alle condizioni climatiche in essere.

Per il *Green Roof* è stato preso in esame il sistema basato sulla sovrapposizione di primer, barriere vapore, membrane impermeabilizzanti, strati di separazione e geocompositi drenanti; un sistema certificato CE per la resistenza alla penetrazione delle radici (EN13948 e FLL) e con elevata resistenza meccanica. A completamento del pacchetto le piante: ginepro, nepitella, sommacco, piccoli cuscini di fiori (Giardino Botanico di Chicago, 2015).

Questi sistemi sono stati applicati alle zone campione e il software ha effettuato un confronto con le condizioni climatiche di base. La simulazione sugli edifici è stata limitata ai giorni più assolati e caldi dell'anno (agosto), tra le 12 e le 14.

Gli esiti delle simulazioni di questi casi hanno dato fiducia a soluzioni *green* ed in particolare al *green roof*, soprattutto nella zona Z2, densamente edificata; i valori estrapolati evidenziano una diminuzione della temperatura massima anche di 8,97 °C e della minima di 4,8 °C (Fig. 3).

Le altre soluzioni tecnologiche hanno dimostrato diminuzioni della temperatura ma in maniera meno evidente:

- *cool roof* tra gli 0,09 °C e i 2,33 °C per le minime, tra gli 0,79 °C e i 2,58 °C per le massime;
- *park* tra gli 0,00 °C e i 2.34 °C per le minime, tra gli 1,70 °C e i 2,75 °C per le massime;
- *pavements* tra gli 0,00 °C e i 2.35 °C per le minime, tra gli 0,00 °C e i 3,52 °C per le massime.

Le strategie progettuali

Le simulazioni dello stato climatico delle zone Z1 e Z2 confermano la validità di alcuni dei sistemi tecnologici applicati che forniscono miglioramenti al microclima e al benessere termogrometrico. Per il progetto, ciò comporta una preponderanza di azioni ecologiche e di mitigazione di climatica, calibrando le azioni di conservazione dell'identità culturale, fisica, sociale ed economica, con quelle di trasformazione tecnologica ed ecologica (Fig. 4).

Nel caso della Linea, il progetto di rigenerazione urbana prende atto dello stato dei luoghi, si arricchisce delle indicazioni degli abitanti, utilizza le simulazioni come strumento di progettazione sostenibile e pone particolare attenzione al controllo pre-

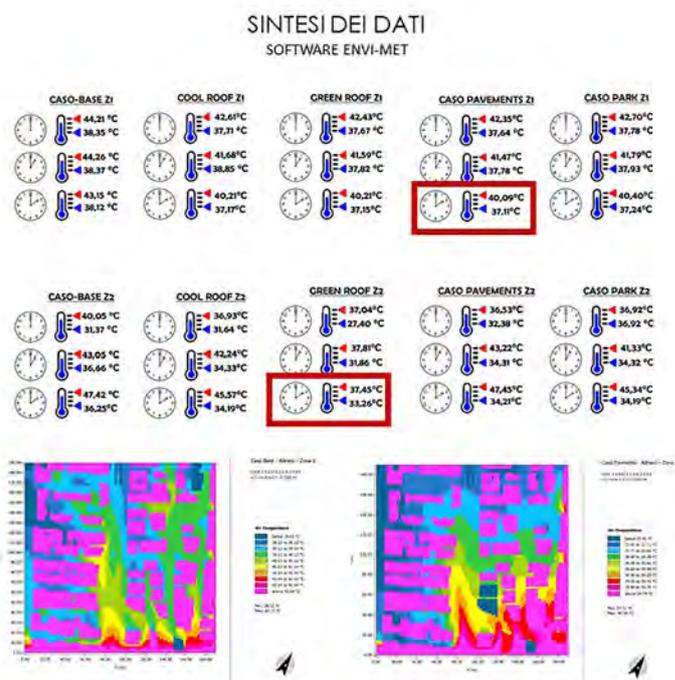


Fig. 3

EDIFICIO TIPO

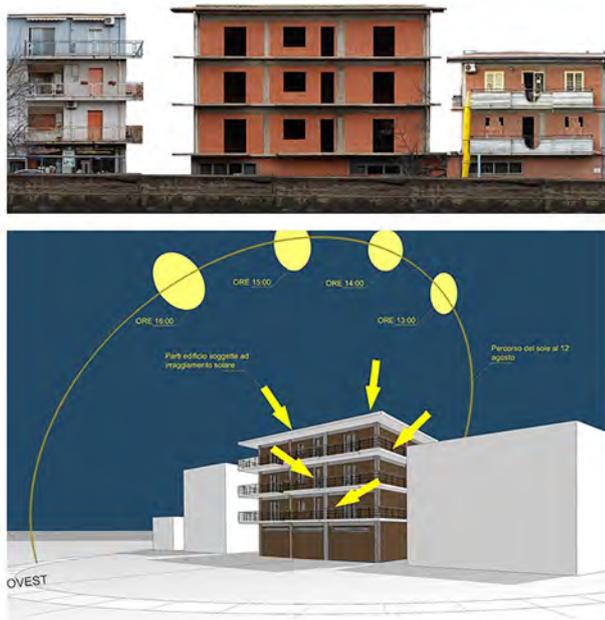


Fig. 4

stazionale del progetto, con riferimento alla questione energetica: nella Linea e sugli edifici campione il recupero prende avvio dalle necessità appena espresse e rimodula il progetto attraverso un *green roof*, estensivo e non praticabile, lo arricchisce di una soluzione a cappotto e di una quinta in ferro zincato alleggerito, addossata ai balconi, forata per stemperare l'eccessivo soleggiamento delle facciate (Fig. 5).

Il connubio tra sistemi tecnologici e scelte progettuali muove dagli stessi obiettivi e giunge a conclusioni di condivisione: il progetto diviene un progetto ecosistemico, pluridisciplinare, ritrovando una centralità doverosa nei confronti delle molte discipline coinvolte, radunando svariate specializzazioni che nel modello devono confluire, seguendo un percorso di arricchimento circolare.

Ringraziamenti

Le immagini sono tratte dalla tesi di laurea di Marco Esposito, "RICICLO E MITIGAZIONE CLIMATICA. Linee guida la riqualificazione dell'ex ferrovia di Adrano" relatore prof. arch. Fernanda Cantone, correlatore prof. Ing. Francesco Nocera anno 2018, Università degli Studi di Catania, SDS Architettura Siracusa.

References

- Ciribini, A. (2017), "L'influenza della Digitalizzazione sull'approccio progettuale di Architetti e Ingegneri", available at: <https://www.ingegno-web.it/18583-linfluenza-della-digitalizzazione-sullapproccio-progettuale-di-architetti-e-ingegneri> – (accessed 1 march 2020).
- Di Giulio, R. (2013), "Strategie di riconnessione", in Fiore, V. and Castagneto, F., *Recupero Valorizzazione Manutenzione nei centri storici*, LetteraVentidue, Siracusa, IT, p. 142.
- Giardino Botanico di Chicago (2015), available at: <https://www.rinnovabili.it/greenbuilding/green-roof-piante-perfette-876/> (accessed 1 march 2020).
- Gobble, M. M. (2018), "Digitalization, digitization and Innovation", *Journal Research-Technology Management, Innovation Research Interchange*, Arlington, Virginia, vol. 61, pp. 56-59.
- Musco, F. (2009), *Rigenerazione urbana e sostenibilità*, FrancoAngeli, Milano, IT.
- Piano strategico globale per la biodiversità 2011-2020 (2011), available at: <https://www.minambiente.it/pagina/il-nuovo-piano-strategico-della-cbd>

(accessed 25 February 2020).

- Salvati, A., Coch Roura, H. and Cecere, C. (2017), "Assessing the urban heat island and its impact on residential buildings in Mediterranean climate: Barcelona case study", *Energy and Buildings*, vol. 146, pp. 38-54.
- Yin-Hao, C., Mei-Shin, L. and Jung-Wei, W. (2019), "Culture-led urban regeneration strategy: An evaluation of the management strategies and performance of urban regeneration stations in Taipei City", *Habitat International*, vol. 86, pp. 1-9.

SOLUZIONI TECNOLOGICHE DI FACCIATA

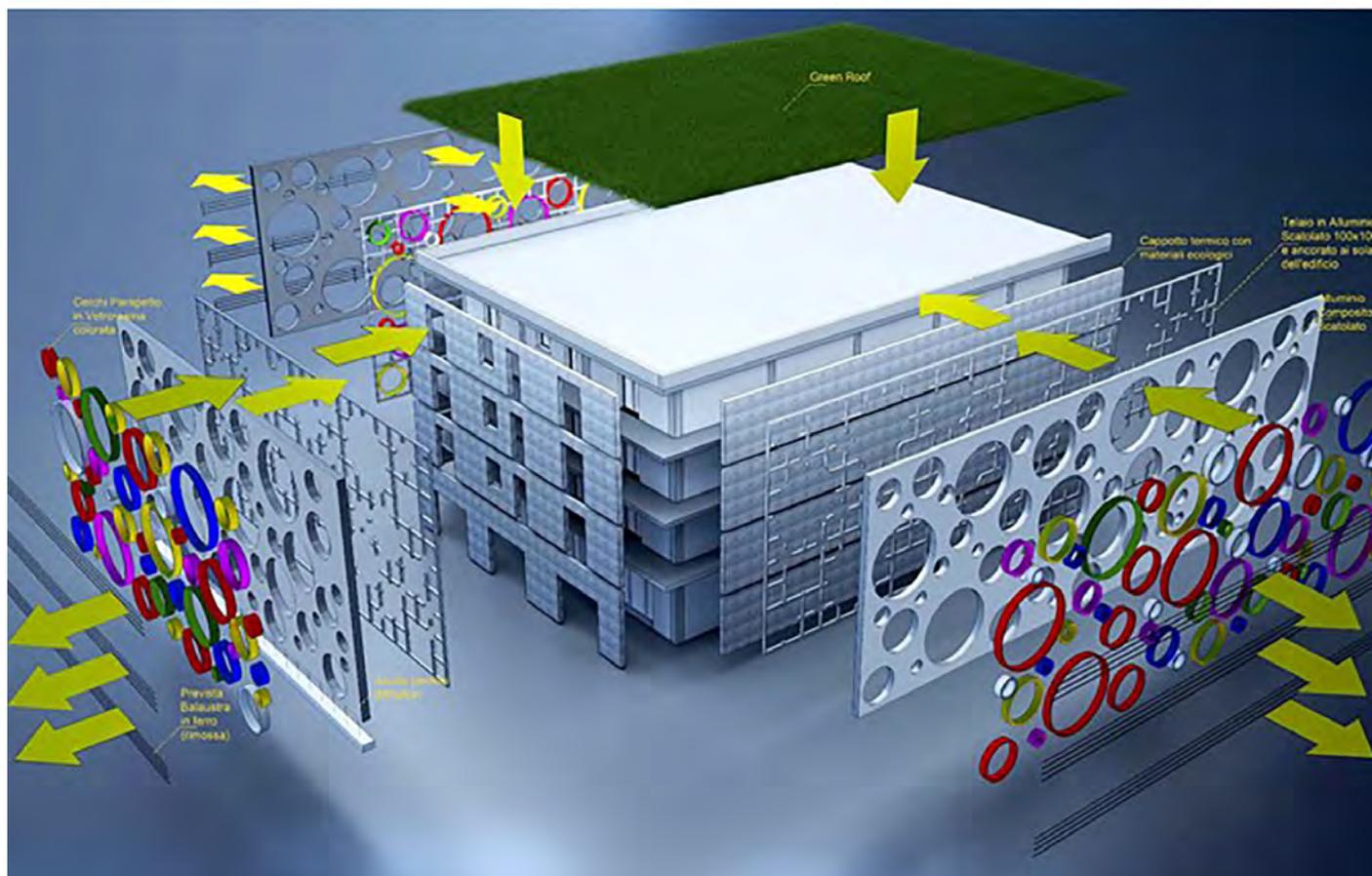


Fig. 5

Fig. 1 - L'area della città di Adrano (CT), la Linea e il centro abitato.

Fig. 2 - Caratteri del quartiere "Linea": la ferrovia interrata e i prospetti.

Fig. 3 - Sintesi dei risultati dei casi campione.

Fig. 4 - L'edificio tipo e lo studio del soleggiamento.

Fig. 5 - Soluzione progettuale con green roof e tecnologie di mitigazione climatica di facciata.

IL CONTROLLO DELL'ELEMENTO NATURALE (ACQUA) PER MIGLIORARE LA RESILIENZA AMBIENTALE URBANA

Valentina Dessi¹

Abstract

L'uso dell'elemento naturale (vegetazione e acqua) rappresenta una delle strategie di adattamento climatico più efficace per migliorare la resilienza ambientale delle città di molti contesti climatici. Il caso dell'acqua è emblematico perché è legato, da una parte ad uno degli effetti dei cambiamenti climatici che genera livelli di criticità molto elevati (piogge eccessive, allagamenti, esondazioni...), dall'altra rappresenta una strategia per ridurre la temperatura dell'aria e superficiale negli spazi urbani, contribuendo a ridurre l'isola di calore urbana e a migliorare il comfort termico.

Keywords: Adattamento climatico, Run-off, Raffrescamento, SUDS, Acqua

¹ DASTU - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, valentina.dessi@polimi.it

Introduzione

Il paper vuole essere una riflessione sulle modalità con le quali i cambiamenti climatici, in maniera differente nelle diverse aree geografiche, coinvolgono gli elementi naturali nella mitigazione e nella manifestazione degli effetti dei cambiamenti stessi sull'ambiente.

Nelle aree urbanizzate le misure sia di mitigazione che di adattamento ai cambiamenti climatici interessano prevalentemente gli spazi urbani.

Per quanto riguarda la mitigazione climatica, la presenza di spazi verdi, la corretta conservazione con adeguate tecniche di gestione delle piante, e l'aumento della massa vegetale (soprattutto di specie selezionate), rappresentano la possibilità di assorbire e dunque di garantire l'incremento dello stoccaggio diretto e indiretto del carbonio.

Le misure di adattamento vengono impiegate per mitigare gli effetti che i cambiamenti climatici generano nei diversi contesti urbani, intercettando le vulnerabilità che, secondo il quinto rapporto pubblicato dal Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, riguardano soprattutto l'approvvigionamento idrico ed energetico, le telecomunicazioni, l'ambiente costruito, le infrastrutture verdi e i servizi eco-sistemici, i servizi urbani e sociali. Lo stesso rapporto, del 2014, identifica almeno cinque impatti, diretti e indiretti, sulle aree urbane, quali le ondate di calore, la siccità, le inondazioni costiere, le inondazioni interne e problemi di salute umana, temi che sono presenti, almeno in parte, nei piani di adattamento di città importanti, quali Londra, Parigi, Bologna, e Copenaghen e in generale nelle strategie di adattamento dei diversi Stati europei.

Il contributo si focalizza sull'elemento dell'acqua, presente in modi diversi nel tema dell'adattamento per quanto riguarda per esempio:

- Ondate di calore. Nelle aree urbane rappresentano una criticità elevata perché si sommano all'isola di calore urbana.
- Piogge eccessive. Generano molti più problemi rispetto al passato, anche perché le superfici urbane impermeabilizzate possono raggiungere l'80% del totale delle superfici orizzontali e non possono assorbire l'acqua piovana.

Acqua per ridurre l'eccesso di calore

L'influenza che ha l'acqua sul microclima è nota da tempo e le strategie basate sull'uso dell'acqua sono diverse. Tuttavia, il ruolo e l'effetto che l'acqua ha nel raffrescamento delle aree urbane è legato al tipo di clima e alle condizioni microclimatiche di un determinato momento, pertanto non è possibile proporre questa strategia dovunque (Fig. 1) e in maniera continuativa.

La capacità di raffrescare è legata a tre proprietà dell'acqua (Alvarez and Sanchez, 2016):

1. il calore specifico dell'acqua è molto elevato (la sua elevata inerzia termica porta ad un ritardo e ad uno smorzamento della temperatura dell'acqua);
2. il processo di evaporazione dell'acqua richiede un'elevata quantità di energia che si traduce in un abbassamento della temperatura dell'acqua e dell'aria;
3. il basso coefficiente di riflessione dell'acqua impedisce la riflessione della radiazione solare su altre superfici circostanti.

A seconda della massa d'acqua coinvolta, l'acqua può avere un impatto ad una scala più o meno estesa.

Sono sempre più diffusi nelle aree urbane i sistemi che utilizzano l'acqua in forma di lamine che scorrono su superfici verticali o orizzontali, o in forma di zampilli, che raffrescano la pavimentazione e l'area circostante, o come acqua nebulizzata. Le vasche d'acqua negli spazi pubblici hanno una reale efficacia microclimatica solo se la massa d'acqua è elevata oppure se l'acqua è in movimento. In molti casi non si tratta neanche di vasche, ma di aree pavimentate che nella stagione più calda bagnano la pavimentazione ad intermittenza. In questo caso si evita il surriscaldamento delle superfici orizzontali e si evita dunque l'innalzamento delle temperature superficiali e della temperatura media radiante, importante nella valutazione del bilancio termico di una persona vicina all'acqua, e dunque delle condizioni di comfort termico.

Solo per citare qualche analisi basata su misurazioni, si pensi che una pavimentazione con albedo basso può raggiungere temperature fino a 25°C superiori alla temperatura dell'aria (Doulos, 2004).

I rilievi realizzati durante l'Expo '92 di Siviglia hanno evidenziato che quando il sistema dei getti d'acqua bagnano la pavimentazione, la temperatura superficiale si può ridurre di 8-9°C,

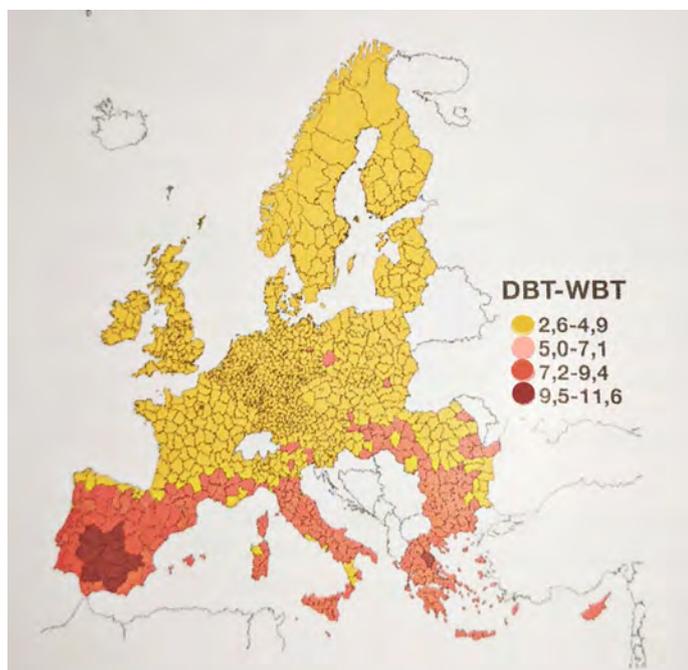


Fig. 1

mentre la differenza tra uno specchio d'acqua e la temperatura dell'aria intorno a 10-12°C (Alvares, 1992). Come evidenzia un altro studio (Xue, 2015) la riduzione della temperatura dell'aria è legata anche alla presenza del vento; in particolare, durante la campagna di misure effettuata in una giornata di agosto a Pechino, intorno ad un'area urbana caratterizzata dalla presenza di getti d'acqua, nelle aree sopravvento la riduzione è stata di circa 0,4°C. Il contributo maggiore si è registrato nelle aree sottovento. In queste aree, anche considerando la distanza dai getti, la riduzione dei valori della temperatura dell'aria è stata in media di 4,7°C¹.

Tra i metodi più efficaci si possono menzionare i sistemi di nebulizzazione dell'acqua ad altezze elevate, che prevedono cioè la presenza di torri sulla cui sommità viene generata la nebulizzazione che raffresca l'aria ad alta quota, che per caduta raggiunge l'area occupata dalle persone. Questo meccanismo è stato sperimentato ampiamente, sia per il raffrescamento degli edifici che per il raffrescamento delle aree urbane, per esempio durante l'Expo'92 a Siviglia, dove, in un'area di circa 24.000 m², furono installate dodici torri a trenta metri di altezza. Più recente è l'esperienza realizzata a Madrid in un'area di nuova espansione, Vallecas, nel *Bulevar de la Naturaleza* dove sono stati installati tre cosiddetti "alberi d'aria", costituiti da cilindri in acciaio alti 17-18 metri con superfici interne ricoperte di edera, che rappresentano un prototipo sperimentale di intervento negli spazi pubblici urbani, ideati dal gruppo di progettazione Ecosistema urbano e riproposti successivamente all'Expo 2010 di Shanghai² (Fig. 2). La struttura metallica cilindrica cava chiamata "South Air Tree", situata nella zona nord del viale, è una struttura con un diametro esterno di 25 m., composta da 16 torri eoliche evaporative a 4,5 m. dal suolo. Ogni torre ha una corona di sei spruzzatori d'acqua e un ventilatore installato sulla parte superiore. Quando le temperature raggiungono i 27°C, si attivano i ventilatori che spingono l'aria nei cilindri e verso i pannelli di cellulosa inumiditi, che creano una nuvola di vapore acqueo, e portano ad una riduzione della temperatura dell'aria per caduta tra i 6°C e 8°C all'interno della torri³.

Gestire l'acqua piovana in eccesso

Il secondo effetto dei cambiamenti climatici che coinvolge l'acqua è legato al fenomeno delle piogge eccessive, che raggiungono le aree urbanizzate.

Il ciclo naturale dell'acqua, che si verifica tuttora nelle aree rurali con ampie superfici permeabili (terreni, spazi verdi), alberi, vegetazione e corsi d'acqua naturali, è caratterizzato da un'elevata evaporazione, un alto tasso di infiltrazione e un basso deflusso superficiale. Negli ambienti urbani, con una distribuzione uniforme di superfici impermeabilizzate, e dove gli spazi verdi e blu sono spesso scollegati, c'è maggiore deflusso superficiale, meno infiltrazione e meno evaporazione. Il problema si presenta quando volumi d'acqua importanti raggiungono le aree impermeabilizzate in tempi relativamente brevi.

In questi casi, la gestione delle acque piovane in eccesso è legata prevalentemente a due tipi di strategie di *soft engineering*: da una parte all'incremento di superfici permeabili (giardini e parchi urbani, *rain garden*...) che possono assorbire l'acqua, e successivamente restituirla in parte all'ambiente per evaporazione, in parte cederla, una volta superato il momento di crisi, al sistema fognario. In alternativa, e in tessuti particolarmente densi e impermeabilizzati, una strategia efficace sono le cosiddette "piazze della pioggia", progettate per raccogliere l'acqua piovana dagli spazi pubblici e dalle coperture degli edifici e ideate dallo studio olandese De Urbanisten e dallo Studio Vermeulen grazie al sostegno del Comune di Rotterdam. Si tratta di vere e proprie piazze pavimentate e ribassate rispetto al livello della strada che in caso di eventi eccezionali raccolgono le acque provenienti dalle strade circostanti (Fig. 3).

Mettono a sistema l'edificato e lo spazio urbano, grazie alla verifica delle pendenze e i sistemi che convogliano le acque verso la piazza, a sua volta dotata di una camera d'acqua per il filtraggio e il trattamento nel sottosuolo.

Possono essere progettate per raggiungere differenti livelli di allagamento. Per esempio, nel progetto della piazza Bloemhofplein a Rotterdam, conclusa nel 2013, le aree di gioco si riempiono per prime e l'acqua accumulata può essere utilizzata dai bambini per giocare.

Sistemi flessibili

Sono sempre più le città che hanno il problema di gestire i picchi di calore nei periodi più caldi e che hanno anche il problema di gestire le acque piovane in eccesso. Le strategie di adattamento nel primo caso considerano l'acqua una risorsa, mentre nel secondo caso, dove si tende a dissiparla, è considerata una minaccia; l'acqua in questo caso viene trattata come rifiuto, rendendola una delle risorse naturali più sperperate al mondo.

Un approccio innovativo alla gestione dell'acqua piovana dovrebbe essere orientato a prevenire inondazioni e trattenere efficacemente le acque piovane, soprattutto nelle aree caratterizzate da scarsità d'acqua, riducendo la necessità di prelevare l'acqua da fiumi, laghi o falde acquifere a rapido esaurimento.

Gli esempi descritti, compatibili con l'immagine di una città densa e impermeabilizzata, dove l'acqua arriva tramite getti dalla pavimentazione, o come acqua nebulizzata da torri evaporative, si prestano ad essere rilette in funzione di una integrazione di strategie che rispondono a fenomeni differenti. Pensare di combinare le strategie in un unico elemento, flessibile, per respon-

1 Al momento del rilievo i valori di temperatura dell'aria erano intorno a 32,8°C, dell'acqua di 24,5°C, e i valori di umidità assoluta di 14,9 g/kg.

2 Gli alberi d'aria sono stati sviluppati all'interno del progetto europeo ECO-VALLE - Mediterranean Verandahways LIFE02 ENV/E/000198, coordinato dalla Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo. Tra i partner l'Agenzia dell'ecologia urbana di Barcellona e il centro di ricerca spagnolo CIEMAT.

3 La verifica è stata svolta tra il 2007 e il 2009 dall'Unità di ricerca sull'efficienza energetica negli edifici (UiE3) del CIEMAT di Madrid.



Fig. 2

dere alle diverse esigenze che si presentano in momenti diversi dell'anno, che rappresenterebbe inoltre un elemento di riconoscibilità di uno spazio pubblico o di un quartiere, è una sfida che intercetta le limitazioni insite nelle due tipologie di sistema. Un esempio in questo senso è rappresentato dal padiglione spagnolo realizzato nel 2008 per l'expo di Saragozza su progetto dell'arch. Francisco José Mangado (Fig. 4), uno spazio con una copertura di grandi dimensioni (sulla quale sono collocate vasche per la raccolta dell'acqua piovana) e numerose colonne in cotto lungo tutto il perimetro. Le colonne, che presentano un nucleo metallico centrale rivestito di strati di ceramica, sono attraversate al loro interno da un flusso d'acqua continuo. In parte l'acqua si deposita nella vasca basamentale che circonda interamente gli spazi espositivi, mentre una quota viene nebulizzata verso la zona del portico, rinfrescando gli spazi esterni al padiglione. Le colonne contribuiscono a schermare la radiazione solare diretta all'interno del padiglione, rappresentano un contributo in termini di massa termica per ridurre il rischio di surriscaldamento all'interno, veicolano l'acqua raccolta sulla copertura per portarla dove può essere utilizzata in vari modi, e in particolare per rinfrescare lo spazio esterno.

È possibile sistematizzare questo tipo di approccio nel momento in cui si prevede un sistema che previene gli effetti negativi dei cambiamenti climatici?

Uno spazio come una piazza della pioggia, che per il 98%

del tempo si comporta come una normale piazza, che non può essere vegetata perché sotto la pavimentazione non c'è suolo ma una camera d'acqua per il filtraggio e trattamento dell'acqua, oltre magari ad un set di sottosistemi urbani (reti tecnologiche e impiantistiche), potrebbe ospitare sistemi che siano allo stesso tempo strutture che generano aree raffrescate tramite getti, lamine o acqua nebulizzata (Fig. 5), e nel caso di sistemi come gli alberi d'aria, anche ombreggiate. Occorre certamente tenere in considerazione questioni di configurazione fisica dello spazio, e strutturali, ma dall'altra, se si vuole pensare ad un sistema che utilizza per raffrescare la stessa acqua raccolta (se non quella della strada almeno quella dei tetti), occorre pensare a come sanificare l'acqua prima di riutilizzarla. La piazza della pioggia, per questioni legate alla qualità dell'acqua, consente il ristagno dell'acqua per non più di 32 ore. Attualmente, l'acqua raccolta in cisterne sotto la piazza, viene poi convogliata nel sistema fognario una volta passato il momento di crisi. Nel caso di un sistema di nebulizzazione dell'acqua le minuscole gocce evaporano e non arrivano a terra.

Nel caso, per esempio, di getti o lamine d'acqua lungo una superficie, l'integrazione di sistemi sarebbe possibile nel momento in cui l'acqua piovana raccolta attraverso sistemi di bioritenzione, andasse, una volta sanificata, ad alimentare, almeno in parte, il sistema dell'acqua usata per raffrescare lo spazio urbano (Fig. 6).



Fig. 3



Fig. 4

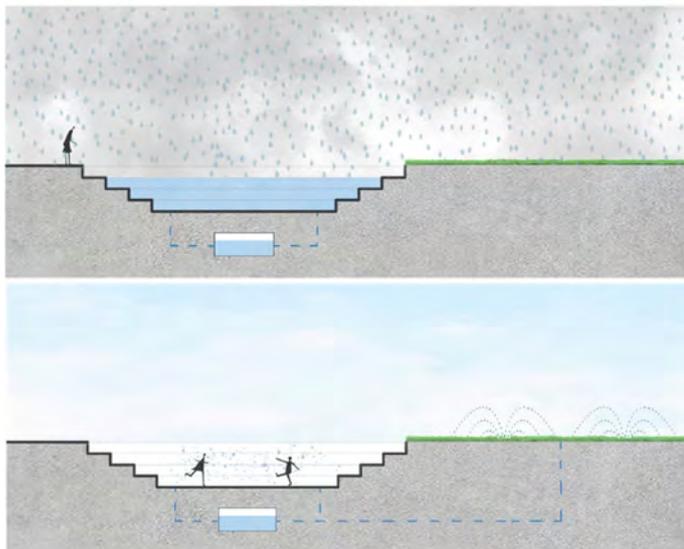


Fig. 5

Conclusioni

La flessibilità dei sistemi basati sull'uso dell'acqua rappresenta una possibile risposta alla necessità di ottimizzare l'uso e la gestione di questo elemento, che, anche se in generale risulta sempre più scarso e prezioso in determinate situazioni viene considerato elemento da dissipare.

Nei contesti urbani in cui si cerca di far fronte per gli effetti dei cambiamenti climatici sia per l'eccesso di calore, sia le piogge eccessive, è importante che i sistemi progettati e implementati riescano ad assumere un ruolo nei differenti momenti di criticità. Essi devono rappresentare anelli di una catena che tiene insieme strutture verdi e blu in contesti molto mineralizzati in cui spesso queste infrastrutture si interrompono non riuscendo più a garantire percorsi e aree di sosta confortevoli. La presenza dei sistemi basati sull'uso dell'acqua rende questi spazi dei luoghi riconoscibili come spazi della comunità, cioè elementi legati alla vivibilità urbana, ma anche termicamente confortevoli e in grado di assorbire e recuperare l'acqua piovana in eccesso, assumendo una funzione importante anche nell'ottica del metabolismo urbano.

References

- Dominguez, S. A. and Sanchez de la Flor, F.J. (2016), "The effect of evaporative cooling techniques on reducing urban heat", *Urban climate mitigation techniques*, vol. 12, pp. 113-130.
- Alvarez Dominguez, S. (1992), *Control climatico de espacios abiertos. El proyecto Expo '92*. CIEMAT, Sevilla, ESP.
- Bignami, D.F., Rosso, R. and Sanfilippo, U. (2019), *Flood proofing in urban areas*, Springer, Cham, CH.
- Carli, P., Dessi, V., Clementi, V., Kim, M. and Han, T. (2019), "Design strategies to improve water resilience in urban areas. Good practices for an open-data culture of the urban environment", *Gangemi*, proceedings of 2nd international forum on architecture and urbanism, Pescara, November 8-10 2018, Roma, IT, pp. 1158-1165.
- Dessi, V., Ravanello, R.L. and Salomoni, M.T. (2016), *Rigenerare la città con la natura*. Maggioli, Sant'Arcangelo di Romagna, IT.
- Doulos, L., Santamouris, M. and Livada, I. (2004), "Passive Cooling of Outdoor Urban Spaces. The Role of Materials", *Solar Energy*, vol. 77, pp. 231-249.
- IPCC (2014), "Adaptation needs and options", in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Regione Emilia Romagna, DG Cura del Territorio e Ambiente (2017), *Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia Romagna*, Regione E. R., Bologna.
- Salmerón, J.M., Sánchez, F.J., Alvarez, S., Molina, J.L. and Salmeron, R. (2012), "Climatic applicability of windcatcher cooling in Europe". *Architectural science review*, vol. 55, pp. 1-14.



Fig. 6

Fig. 1 - Mappa delle aree in Europa dove è possibile l'applicazione delle tecniche di raffrescamento evaporativo. Fonte: Salmerón J. M. et al., 2012

Fig. 2 - Planimetria del bulevar de la naturaleza a Vallecas a Madrid, con evidenziati i tre alberi d'aria (in alto). Essi si auto-alimentano per la presenza di un sistema di pannelli fotovoltaici nella sommità. La prima foto in basso a sinistra riporta il cilindro rivestito di vegetazione rampicante, la terza foto in basso il "South Air Tree", che raffresca l'aria attraverso l'erogazione di acqua nebulizzata. La seconda e la quarta foto in basso riportano i due cilindri illuminati di notte. Foto: Emilio P. Doitza

Fig. 3 - I diversi assetti di una piazza dell'acqua in funzione della presenza dell'acqua. A sinistra in alto la piazza senza acqua si comporta come uno spazio urbano convenzionale. In alto a destra la piazza dopo una leggera pioggia che concentra l'acqua stagnante in poche aree al centro dell'area. In basso a sinistra la piazza completamente allagata durante un'intensa precipitazione (una volta all'anno). In basso a destra quando la piazza è caratterizzata dalla presenza di acqua ghiacciata e dove è possibile pattinare sul ghiaccio. Fonte: De Urbanisten

Fig. 4 - Vista esterna del padiglione spagnolo all'expo di Saragozza nel 2008, in cui si evidenzia lo sporto della copertura e la fitta rete di colonne (a sinistra), e (a destra) la vasca basamentale nella quale terminano le colonne in ceramica. Foto: P. Pegenaute

Fig. 5 - La possibile integrazione di un sistema di raffrescamento basato sull'uso di acqua nebulizzata in una piazza della pioggia. Schema della piazza allagata in seguito a precipitazione intensa (in alto) e (in basso) rappresentazione dello spazio con un sistema di nebulizzazione durante la stagione calda. Credits: A. de Agostini

Fig. 6 - Paley Park, a Manhattan (NY), piccolo spazio urbano confinato su tre lati e caratterizzato dalla presenza di vegetazione; la cascata d'acqua con i suoi 6,5 m di altezza delimita lo spazio su un lato e contribuisce al raffrescamento (Foto: Bill Browning). A destra schemi di integrazione di sistemi di raccolta dell'acqua/raffrescamento; in alto durante le precipitazioni l'acqua viene raccolta grazie ad un sistema di bioritenzione (rain garden) e riutilizzata in un secondo momento (in basso) come acqua lungo una parete in uno spazio esterno. Credits: A. de Agostini

RIGENERAZIONE URBANA INTEGRATA E URBAN METABOLISM: RI-PROGETTARE IL COSTRUITO IN CHIAVE AMBIENTALE

Antonello Monsù Scolaro¹, Francesco Spanedda²

Abstract

Oltre la mera riqualificazione del costruito, in chiave di circolarità delle risorse, la rigenerazione urbana richiede una riconnessione tra dimensione spaziale e tecnologica del progetto secondo una rinnovata ottica eco-sistemica. A partire dall'European Green Capital Award 2021, il paper riflette su come il metabolismo urbano e la pratica dello urban mining possano integrarsi nei processi di rigenerazione urbana e orientare le scelte per ridurre gli impatti ambientali correlati alle attività edilizie, coadiuvati dagli strumenti digitali e dalle piattaforme interoperabili di progetto.

Keywords: Regenerative design, Urban design, Urban metabolism, Urban mining, Speculative and critical design, Progetto eco-sistemico

¹ DADU - Dipartimento di Architettura, Design ed Urbanistica, Università degli Studi di Sassari, amscolaro@uniss.it

² Dipartimento di Scienze Umanistiche e Sociali, Design ed Urbanistica, Università degli Studi di Sassari, spaned@uniss.it

Multifattorialità e multiscalarità nella rigenerazione dell'ambiente costruito

In fase di costruzione e manutenzione del parco edilizio, a scala europea, si stima il consumo di circa un terzo dell'acqua e la metà del totale delle risorse primarie estratte, con una produzione derivata di rifiuti che supera il 30% del volume totale. Inoltre, su più del 50% dei circa 210 milioni di edifici costituenti il totale dello stock sarebbe necessario un intervento riqualificazione energetica, per ottenere una riduzione di circa 100TWh/annui con un abbattimento delle emissioni di GHG del 62,9% nel settore residenziale e del 73% nel terziario.

In Italia, degli oltre 12 mln di edifici censiti nel 2018 dall'ISTAT, il 15% risale a prima del 1918, circa il 65% è precedente al 1976 e soltanto il 20% è successivo al 1980. Oltre la metà del parco edilizio ha superato il ciclo di vita utile medio attribuito alla sua tecnologia costruttiva, mentre emerge la necessità di un adeguamento funzionale dovuto alle mutate esigenze della società. L'ISTAT, dal 1998 al 2017 registra la riduzione da 2,7 a 2,4 del numero medio di componenti per famiglia, l'aumento di famiglie unipersonali e la riduzione di quelle numerose (oltre 5 componenti). Eppure, oltre il 65% del patrimonio residenziale ha una superficie media superiore agli 80m², mentre l'attuale mercato immobiliare è interessato alla creazione del *microliving* per rispondere alle mutate esigenze d'uso degli spazi abitativi.

Nell'insieme risulta un parco edilizio di scadente qualità – funzionale, ambientale e tecnologica – che, nel processo di bulimica espansione edilizia, ha oltretutto perduto il proprio valore identitario (Beguinot, 2009). Considerando anche gli aspetti culturali, storici, sociali e ambientali, l'intervento di rigenerazione urbana è chiamato sia ad interpretare la dimensione multifattoriale sia ad operare su quella multiscalare della ri-progettazione del costruito, per ricreare un sistema di relazioni ormai smarrite tra abitante e ambiente, spazi collettivi, territorio e città. Se questo approccio richiama una rinnovata ottica eco-sistemica integrata tra dimensione spaziale e tecnologica del progetto, è necessario simulare le possibili interazioni tra alternative progettuali e l'enorme quantità di variabili ambientali in gioco, richiamando anche l'approccio integrato di "tecnologie dell'habitat" (come suggeriva Eduardo Vittoria nel 1975). Gli strumenti

digitali accompagnano così il processo di progetto permettendo il monitoraggio dei parametri ambientali e dell'uso delle risorse; inoltre, restituendo in dettaglio ed in tempo reale le condizioni ambientali di contesto, evidenziano anche le interazioni tra processi naturali e artificiali accompagnando un possibile rinnovamento della cultura tecnologica del progetto.

Rigenerazione urbana integrata e digital tools

Dal 1972, anno in cui il *digital tool* "World3" fu impiegato per comprendere e proiettare nel futuro le conseguenze dell'interazione tra uomo ed ambiente e definire gli scenari alla base di "The Limits to Growth" (Meadows et al., 1972), l'evoluzione degli strumenti digitali è andata di pari passo con la crescente comprensione della complessità delle dinamiche tra uomo e ambiente. In particolare l'intervento di rigenerazione dell'ambiente costruito richiede uno sforzo culturale di innovazione delle politiche urbane, dei sistemi economici, commerciali e relazionali che oggi non possono prescindere dall'ineludibile paradigma della sostenibilità (Knox et. al., 2009). Sulla scorta della progressiva concentrazione di abitanti prevista nelle grandi aree urbanizzate del pianeta (in Europa fino all'80% al 2020, dal 50 al 70% nel resto del mondo), *Sustainable cities: working together for common solutions*, ottavo obiettivo prioritario del *7th Environmental Action Programme* pone l'attenzione su una serie di aspetti attraverso cui può declinarsi la sostenibilità alla scala urbana attraverso azioni chiave rivolte: a potenziare il capitale naturale; aumentare l'efficienza nell'uso delle risorse incentivando un'economia *low carbon*; salvaguardare la salute ed il benessere dei cittadini. In questo contesto è stato istituito l'*European Green Capital Award*, rivolto alle città europee con più di 100.000 abitanti che si sono distinte nelle politiche e negli interventi di rigenerazione orientati alla sostenibilità ed alla qualità dell'ambiente urbano. Il premio si assegna "pesando" undici indicatori relativi a: mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici; mobilità urbana sostenibile; uso sostenibile del suolo; conservazione della natura e della biodiversità; qualità dell'aria; rumore; rifiuti; acqua; crescita verde ed eco-innovazione; gestione delle politiche. Per meglio comprendere come gli strumenti digitali abbiano supportato il rilevamento, la perce-

zione, la misura e il monitoraggio dei parametri ambientali posti alla base degli interventi di rigenerazione urbana attuati, abbiamo analizzato l'ultimo *Assessment Synopsis Technical Report* del 2021, con particolare attenzione alle tre città finaliste: Lahti, Lille e Strasbourg.

A Lahti (Finlandia), si è operato per promuovere la natura e la biodiversità in città; ridurre il rumore; migliorare la qualità dell'aria attraverso la ciclabilità e camminabilità urbana; favorire attività produttive verdi secondo un piano di eco-innovazione e governance. Attraverso l'adozione dell'app *Porukka-the Crowd* sono stati coinvolti i cittadini di tutte le fasce d'età e condizione – in particolare anziani, bambini e disabili – per mappare la presenza di aree naturali in città e sensibilizzare sulla qualità urbana e sostenibilità ambientale. Inoltre, per implementare il profilo “circolare” della città sono stati creati 20 diversi centri per il riuso e l'*upcycling*.

A Lille (Francia), con un esteso tessuto urbano e 1,2 mln di abitanti, negli ultimi anni si è agito sulla mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici; sulla riduzione del rumore e sulla qualità dell'aria, implementando la mobilità sostenibile; sull'uso sostenibile dei suoli e sulla gestione dei rifiuti. Inoltre, dal 2002 è stato promosso “Lille 2030”, un piano di rigenerazione urbana delle aree industriali dismesse e di quelle residenziali abbandonate, favorendo la *mixité* sociale e la varietà delle funzioni residenziali. Anche in questo caso, tramite un'app gli abitanti sono stati coinvolti nel monitoraggio della qualità ambientale urbana e dell'esposizione ai rumori percepiti. Sempre tramite app, si è avviato un esteso piano di coinvolgimento attivo degli abitanti nella gestione responsabile dell'acqua e degli spazi pubblici per limitare gli effetti delle frequenti alluvioni cui la città è naturalmente soggetta.

Strasbourg è la capitale della *Grand Est region* della Francia. Nel corso degli anni, la città ha avviato ampie misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici potenziando la mobilità sostenibile, grazie ad estese piste ciclabili e al trasporto pubblico; migliorando la biodiversità, grazie a nuovi habitat naturali dove numerose specie animali hanno potuto insediarsi favorite attivamente dagli abitanti. Inoltre, un esteso intervento di rigenerazione urbana ha permesso il miglioramento delle performance energetiche degli edifici esistenti, trasformati in *positive and low energy buildings* attraverso l'impiego di materiali eco-sostenibili e naturali. Anche a Strasbourg, l'implementazione della qualità urbana è stata sostenuta da un'infrastruttura informatica, PSET (*Project Sustainability Evaluation Tool*), uno strumento interattivo che promuove l'input collaborativo e un approccio integrato per coinvolgere tutti gli *stakeholders* (abitanti; aziende; privati e pubblici) nei processi di rigenerazione della città.

Al di là dei valori dei singoli parametri adottati¹, Lahti vince grazie al carattere integrato delle iniziative multifattoriali attuate e per gli interventi *site-specific* basati sulla valorizzazione delle risorse disponibili e delle potenzialità ambientali locali, ottenendo una riconnessione della città al territorio attraverso interventi *area-based*.

Anche nelle precedenti edizioni dello *European Green Capital Award*, gli interventi di rigenerazione urbana presentavano un forte carattere di integrazione delle azioni progettuali, come “messa in relazione” e valorizzazione di spazi, edifici, abitanti, ambiente e risorse locali². Negli anni, le strategie e gli interventi

di rigenerazione urbana sono stati progressivamente coadiuvati dai *digital tool*, impiegati in particolare per il coinvolgimento attivo della popolazione nei processi di comprensione e percezione del valore ambientale residuo o perduto delle città. Tali strumenti sono quindi impiegati sia in fase progettuale per rappresentare più accuratamente i luoghi e restituire uno stato di fatto propedeutico all'intervento, sia in fase di esercizio, monitorando i risultati ottenuti, soprattutto in termini di qualità ambientale.

Ora, in prospettiva futura, essendo le città i principali collettori di risorse materiali ed energetiche (oltreché le maggiori fonti di inquinamento atmosferico e di produzione di rifiuti), sempre più emerge la necessità di misurare l'impronta ecologica dell'intervento di rigenerazione a scala urbana nel tentativo di ridurre gli effetti ambientali³; ciò non solo tramite politiche sull'uso della mobilità e dell'energia, ma soprattutto attraverso la chiusura dei cicli metabolici di risorse materiali ed energetiche (Zubalzu et al., 2016). Pertanto, se si considera la città come un sistema dotato di un “suo” metabolismo, confinato soprattutto in sottoservizi, infrastrutture, edifici e materiali, la conoscenza e il monitoraggio delle risorse in essi incorporate appare indispensabile nella definizione di credibili strategie di rigenerazione che tengano in debito conto e siano concretamente in grado di incidere positivamente sugli impatti ambientali correlati orientando le scelte progettuali.

Urban mining tools per un approccio eco-sistemico alla rigenerazione del costruito

Lo *stock* di risorse, energia e materia incorporate nel costruito suggerisce l'adozione di strategie di rigenerazione della città *environmental friendly* (Balaban et al., 2014) attraverso l'implementazione dell'efficienza energetica, la densificazione, il riuso e la riqualificazione degli edifici e dei suoli; la riconversione di aree dismesse; l'occupazione dei vuoti urbani; la configurazione di nuove aree verdi o la riqualificazione di quelle preesistenti; la protezione della natura e del paesaggio naturale intorno alle città. Si tratta di valorizzare le risorse preesistenti ed ottimizzare quelle incorporate nel costruito, contribuendo d'altra parte al contenimento della produzione di rifiuti da attività di costruzione e demolizione, per evitare che gli impatti ambientali superino i miglioramenti attesi (Munarin et al., 2016). Nel caso di edifici massivi, costruiti con metodi tradizionali che incorporano una quantità di energia grigia più elevata, la riqualificazione può produrre maggiori vantaggi ambientali permettendo di redistribuire l'energia grigia incorporata su un periodo più lungo della durata di utilizzo cinquantennale generalmente assegnata ad un edificio (Gaspar and Santos, 2015); sia privilegiando l'integrazione degli elementi costruttivi esistenti alla loro sostituzione sia contribuendo alla riduzione dei rifiuti da costruzione e demolizione. Infatti, se la quantità di rifiuti prodotti da una società è un valido indicatore della sua efficienza materica, è facile comprendere come la relativa riduzione permetta di aumentare l'efficacia ambientale nei processi produttivi di beni e servizi. Così, la sostenibilità degli interventi di rigenerazione urbana incrocia quasi inevitabilmente l'approccio del metabolismo urbano. La città infatti, sempre più può essere considerata come un ecosistema con un metabolismo caratterizzato dal consumo e dall'accumulo delle varie forme di risorse, materia, energia e acqua, e dal rila-

1 Come l'emissione di CO₂ (t/procapite/anno); la quantità di popolazione che abita entro 300 mt di distanza da aree verdi o dal trasporto pubblico; la quantità di rifiuti prodotta (kg/procapite/anno); l'utilizzo domestico di acqua (lt/procapite/giorno); l'utilizzo di energia (kWh/procapite).

2 Ormai molto oltre lo *urban renewal* così come preconizzato da Couch C., (1990) nel suo *Urban Renewal: Theory and Practice*; ma anche in piena coerenza con le indicazioni della Dichiarazione di Toledo del 22 giugno 2010.

3 Si vedano in particolare i primi effetti della nuova La “Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio” dell'Emilia Romagna (L.R. legge regionale n. 24 del 21 dicembre 2017) che ha introdotto la misurazione degli impatti ambientali negli interventi di rigenerazione urbana e di riqualificazione del costruito

scio di rifiuti, calore e reflui.

I primi bilanci ambientali su area vasta di Abel Wolman nel 1965, mettono a punto una serie di indici per misurare gli impatti relativi alle infrastrutture fognarie, agli acquedotti e alle emissioni atmosferiche, considerando i bilanci delle portate in ingresso e in uscita, la produzione, il consumo e lo stoccaggio. Successivamente l'Unesco, col programma *Man and Biosphere*, studia le relazioni tra sistemi naturali e sociali; mentre la scuola di Vienna sottolinea l'intercalarità degli scambi di materiale tra i nuclei urbani e le regioni circostanti, nonché l'importanza delle città come luoghi di accumulo dei materiali. Wackernagel e Rees, nel 1996, propongono l'indicatore dell'impronta ecologica per valutare gli impatti ambientali dovuti ai processi antropici alla scala dell'intero sistema insediativo. Adottando il principio del *decoupling delle risorse* rispetto alla crescita economica, per implementare i margini di sostenibilità nei processi di sviluppo, Cagnoli (2017) suggerisce di: limitare la massa di materia prima per produrre i beni; sostituire le materie prime e i prodotti associati a maggiori emissioni carboniche (*low-carbon economy*), ridurre il prelievo di risorse naturali e incentivare il riciclo e il recupero; incentivare le fonti energetiche rinnovabili (FER); ridurre i rifiuti generati dalle attività produttive e i rifiuti urbani. In tale prospettiva si colloca l'approccio *urban mining* (Cossu et. al., 2015), guardando all'ambiente costruito come un enorme giacimento di materiali di origine antropica, da conoscere, individuare, quantificare adeguatamente e valorizzare per ottenere effettivi bilanci ambientali positivi nella rigenerazione del costruito.

Parallelamente è richiesto lo sviluppo di una nuova estetica della post-produzione (Bourriaud, 2002), che comincia ad apparire in progetti di recupero che partono dalla materialità dell'esistente, operando per modifiche e aggiunte senza ricostruirne l'immagine, come il Palais de Tokyo di Lacaton e Vassal (2014) o la Cristalerias Planell a Barcellona di Harquitectes (2016). In questo scenario, che progressivamente assume contorni sempre più complessi dovuti al contemperamento di molteplici istanze che intervengono nel processo progettuale, i *digital tool* giocano un ruolo importante offrendosi quali strumenti di supporto "inediti" che consentono correlazioni multiscolari tra le variabili in campo.

Guardando quindi alla riduzione degli impatti ambientali nei processi di rigenerazione urbana, i *digital tools* permettono l'implementazione delle strategie di *urban mining* attraverso una preliminare mappatura della consistenza del costruito, una successiva conoscenza della potenzialità residue *performance-based*, una valutazione delle alternative di intervento in ottica *life cycle*; favorendo inoltre la valorizzazione delle risorse con la realizzazione di un database che ne renda disponibile la catalogazione e la collocazione propedeutica e preliminare alle scelte di intervento, come nel progetto Rotor Deconstruction (available at: <https://rotordc.com>).

Così, la rigenerazione urbana, integrata e sostenibile, privilegiando la "rieditazione" del costruito attraverso la valorizzazione delle risorse in esso incorporate, sul piano del progetto implica anche un'innovazione della cultura tecnologica come sintesi tra spazio e costruzione in chiave di circolarità delle risorse (Durmisevic, 2019).

Alcune considerazioni conclusive

In questo quadro il progetto di rigenerazione è chiamato ad indagare nuove possibili configurazioni costruttive e relazionali tra spazio architettonico, tecnologia e ambiente operando "caso per caso", secondo un approccio coerente con le teorie del *re-*

generative, speculative and critical design (Cole, 2012); inoltre, valorizzando materia ed energia preesistenti e riducendo il consumo di risorse e la produzione di rifiuti, si potenzia anche il carattere eco-sistemico del progetto.

Le pratiche e le *policies* finora attuate testimoniano del carattere multifattoriale e multiscale che, sempre più, caratterizza le strategie e gli interventi per una rigenerazione urbana sostenibile. I *digital tools* permettono la conoscenza (quindi la misura e il controllo) degli aspetti indotti dai processi integrati di rigenerazione, anche attraverso approcci di *participative design* e coinvolgimento attivo degli abitanti nella definizione della qualità urbana percepita; mentre in chiave di *urban mining* permettono di mappare la consistenza materica del costruito per valorizzare le risorse in esso incorporate. Tutto ciò secondo un processo iterativo che conduce dal singolo edificio al comparto urbano, fino al controllo delle scelte di progetto su area vasta; ma anche nell'ottica di una nuova cultura tecnologica orientata ad un approccio che superi le visioni specialistiche in favore di una reale visione integrata tra ambiente e abitante, mediata dal costruito.

Contributo finanziato per entrambi gli autori con fondo Ateneo per la ricerca, anno 2019 - Università di Sassari

References

- Balaban, O. and Puppim de Oliveira, J.A. (2014), "Understanding the links between urban regeneration and climate-friendly urban development: lessons from two case studies in Japan", *Local Environment. The International Journal of Justice and Sustainability*, vol. 19, pp. 868-890.
- Beguinet, C. (2009), "The Cities. Crisis, Causes, Remedies", *Collana Studi Urbanistici*, vol. 31, p. 159.
- Bourriaud, N. (2002), *Postproduction: culture as screenplay: how art reprograms the world*, Lukas & Sternberg, New York City, NY.
- Durmisevic, E., (2019), *Circular economy in construction design strategies for reversible buildings*, Elsevier, NL.
- Cagnoli, P. (2017), "Metabolismo urbano e strategie di sviluppo", *Ecoscienza*, vol. 5, pp. 56-58.
- Cole, R. J. (2012), "Transitioning from green to regenerative design", *Building Research and Information*, vol. 40, pp.39-53.
- Cossu, R. and Williams, I.D. (2015), "Urban mining: concepts, terminology, challenges", *Waste Manage*, vol. 45, pp. 1-3.
- Gaspar, P. L. and Santos, A. L. (2015), "Embodied energy on refurbishment vs. demolition: A southern Europe case study", *Energy and Buildings*, vol. 87, pp. 386-394.
- Knox, P.L. and Mayer, H. (2009), *Small Town Sustainability: Economic, Social, and Environmental Innovation*, Birkhauser, Basilea, CH.
- Zubelzu, S. and Álvarez Fernández, R. (2016), *Carbon Footprint and Urban Planning. Incorporating Methodologies to Assess the Influence of the Urban Master Plan on the Carbon Footprint of the City*, Springer, NL.

LA SECONDA VITA DELL'ESISTENTE

TOOL DIGITALI PER IL LIFE CYCLE APPROACH E IL RESILIENT DESIGN

Serena Baiani¹, Paola Altamura²

Abstract

Il contributo esamina i confini progettuali della cultura tecnologica che si misura con l'esistente – miniera urbana, risorsa resiliente – attraverso un approccio life-cycle in cui l'ambiente costruito è inteso come risorsa non rinnovabile da metabolizzare a scala locale mediante strategie e soluzioni tecnologiche a ciclo chiuso, che conservano l'energia incorporata ed evitano il consumo di suolo, in ottica NetZero environment (Zero Suolo-Zero Energia-Zero Rifiuti). A supporto di tale approccio, è indispensabile disporre di tool digitali per la raccolta e lo scambio di informazioni sui materiali.

Keywords: Life cycle approach, Resilient design, Adaptive reuse, Urban mining, Second time, NetZero environment

¹ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, serena.baiani@uniroma1.it

² PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, paola.altamura@uniroma1.it

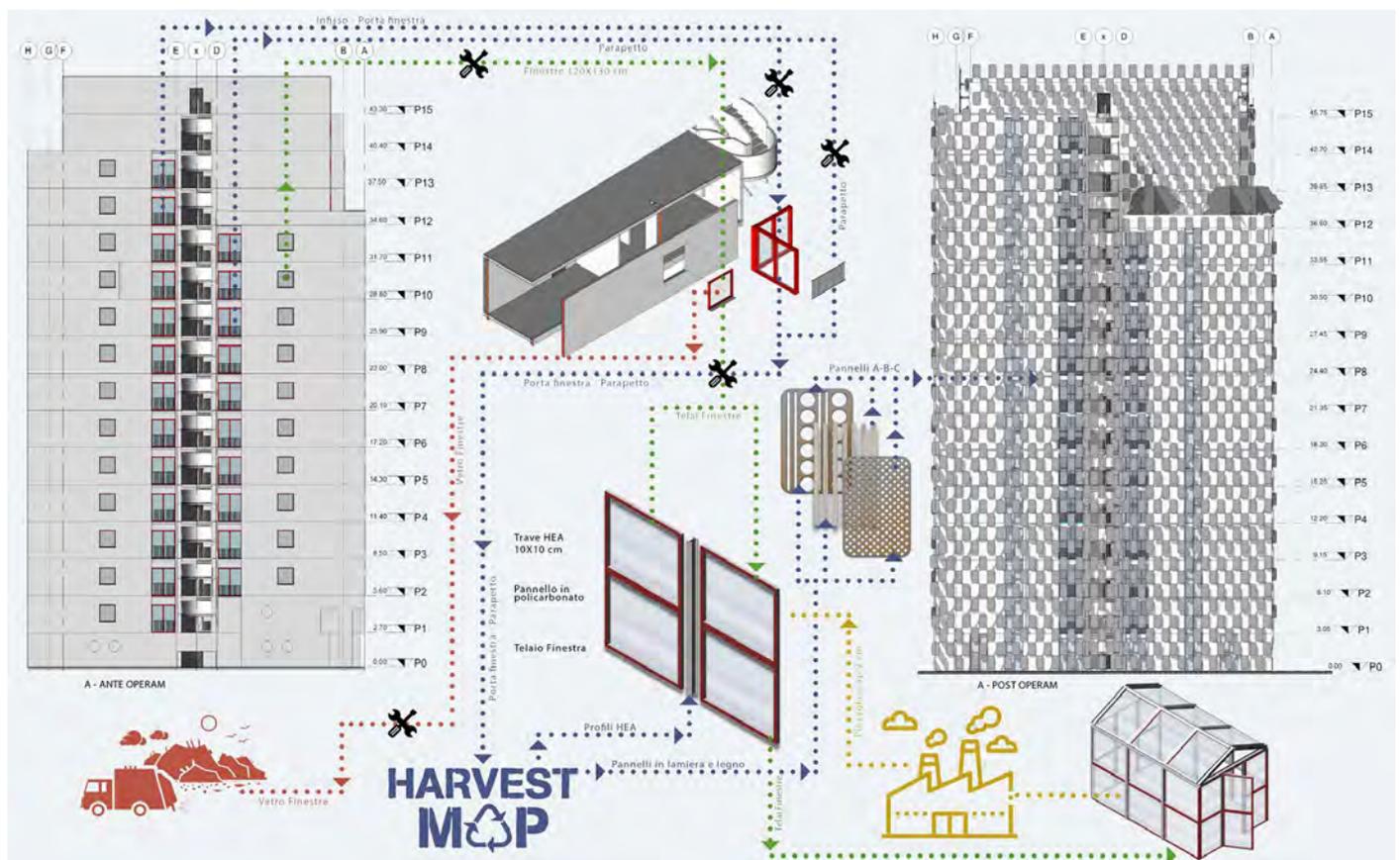


Fig. 1

L'esistente nell'approccio *Life Cycle*: miniera urbana, risorsa resiliente

Valorizzare il carattere identitario dell'esistente, in una visione dinamica dell'ambiente costruito, significa intessere la cultura tecnologica di apporti pluridisciplinari finalizzati a definire soluzioni adattive, sulla base di un percorso metodologico finalizzato alla compatibilità e alla coerenza dell'intervento con la preesistenza, attivandone una seconda vita.

L'ambito di ricerca si muove nei fluidi confini progettuali della cultura tecnologica che si misura con l'esistente – miniera urbana, risorsa resiliente – guardando alle sperimentazioni incentrate su un consapevole approccio *life-cycle*, attraverso il *resilient design*, per comporre equilibrate integrazioni all'ambiente costruito, compatibili con le mutate esigenze funzionali, costruttive, economico-produttive ed energetico-ambientali, in una condizione di continua variabilità determinata anche dalle azioni multiple dei rischi. Per supportare la transizione verso un patrimonio “ecologicamente resiliente”, diventa basilare l'assunzione di un nuovo paradigma teorico e pratico, progettuale e processuale, critico e operativo che, secondo Holling (1973), sia in grado di assicurare risposte adeguate a eventi caotici, non lineari, oltre i parametri della “resilienza ingegnerizzata”, definendo un sistema “antifragile”, in grado di imparare e trarre beneficio dal disordine, alla ricerca di un equilibrio rinnovato.

Considerando il patrimonio costruito come risorsa non rinnovabile, da trasmettere alle generazioni future, unitamente all'energia grigia incorporata nei materiali, è fondamentale operare sulla fase di “fine vita” dell'esistente per attivarne un nuovo ciclo virtuoso. L'ambiente costruito si pone come risorsa, costituita da spazi, strutture, tecnologie e materiali da metabolizzare a scala locale attraverso strategie e soluzioni a ciclo chiuso, per evitare il consumo di suolo e al contempo recuperare la cultura materiale del luogo. Si tratta, quindi, di orientare le azioni di *resilient design* verso una simultanea riduzione dell'energia incorporata in materiali, componenti e sistemi (anche energetici), garantendo il funzionamento passivo dell'esistente e limitando il volume dei rifiuti prodotti, per raggiungere il paradigma NetZero environment (Zero Suolo-Zero Energia-Zero Rifiuti).

Continuità e innovazione nel processo circolare di uso e riuso dei materiali

L'approccio circolare all'esistente trova radicamento in processi consolidati su pratiche orientate al recupero e riuso di materiali e componenti, differenziate nel tempo. La pratica del reimpiego, così come il riuso – che si interrompe a partire dalla rivoluzione industriale, fase in cui più comune è la demolizione dell'esistente e la ricostruzione – rappresentano una vera e propria costante: detriti e macerie sono impiegati come materiale di riempimento, nella costruzione di parti di città; gli edifici sono utilizzati come cave di materiali o di componenti già lavorate, nella progressiva stratificazione verticale dell'architettura.

Nell'articolato scenario operativo sull'esistente, dalla seconda metà del Novecento è possibile individuare pratiche che ricadono all'interno del concetto di “riciclo” (Gangemi, 2004), azione consolidata che ha il proprio dominio nella fisicità e nella materialità. Due sono gli orientamenti emergenti: la re-invenzione della pratica della demolizione e delle sue modalità, orientata verso una forma di “decostruzione” ordinata e selettiva, materiale per materiale, componente per componente; le pratiche di reimpiego, recupero e riciclaggio come una necessità, diversamente motivata nei differenti contesti storici e, per molti versi,

includibile anche in una società industrializzata.

Nel settore edilizio europeo, il ricorso a scarti di varia natura – non solo provenienti da edifici, ma anche da flussi di risorse impiegati nell'industria, parte del metabolismo urbano – ha determinato, nell'ultimo ventennio, una sperimentazione incentrata sulle strategie dell'*upcycling* e del *superuse*, che individuano nell'uso di materiali di scarto la risorsa chiave del progetto (Superuse Studios, ARCò, Lot-ek, Izaskun Chinchilla, Arturo Franco).

La ricerca e sperimentazione progettuale contemporanea sono orientate a comporre le interrelazioni tra l'obiettivo di un'elevata *Resource Productivity* dei materiali da costruzione e l'innovazione nel processo del progetto in ottica *Life Cycle*, nel tentativo di trasferire nella cultura tecnologica mediterranea il *Reversible Building Design*.

In tale prospettiva, la sperimentazione avviata dal GdR nell'ambito romano delinea, nell'applicazione a diversi contesti (Torrevecchia, Tiburtino, Ostiense - ex Miralanza), un complesso palinsesto per testare la possibilità di avviare processi di economia circolare a scala locale, mettendo *in loop* risorse materiali e immateriali, disponibili e potenziali, indotte dalle operazioni di rigenerazione. Sulla base della conoscenza dei sistemi costruttivi esistenti, approfondita attraverso l'applicazione di strumenti finalizzati a costruire un apparato quali-quantitativo delle risorse materiali presenti, le azioni di intervento sono orientate all'*adaptive reuse* sulla base di un quadro socio-economico contestualizzato. Nell'ottica dell'*urban mining*, inoltre, la sperimentazione è stata indirizzata alla ricerca di risorse materiali, idonee all'impiego come componenti edilizi, afferenti alle filiere produttive e di recupero presenti nell'intorno territoriale ristretto, attraverso la definizione dell'Harvest Map, con raggio di 25 km dal sito di intervento.

Gli interventi sugli edifici sperimentano la decostruzione di parte dei componenti, sostituiti da materiali/elementi di recupero o a matrice naturale, messi in opera con criteri di disassemblabilità, che realizzano la flessibilità d'uso degli spazi, garantendo la variazione nel tempo dell'edificio, a seguito di innovate esigenze; consentono la riparazione, il riutilizzo e il recupero di materiali, prodotti e sistemi; l'aggiornamento o la sostituzione di componenti per l'accessibilità semplificata ai diversi strati, attraverso la reversibilità delle connessioni.

Il progetto dell'esistente, quindi, si configura come processualità aperta e complessa nello scambio e nella interrelazione di flussi di materiali che il progetto attiva con il proprio intorno (Fig. 1). Gli scarti diventano risorse capaci di connotare, in una immagine contemporanea, l'organismo edilizio da riqualificare attraverso elementi tecnici di involucro e addizioni, che caratterizzano anche l'intervento di controllo energetico-ambientale.

Dal Material Passport al catasto dei materiali: l'identità digitale dei materiali per il sistema circolare delle costruzioni

Le sperimentazioni mostrano, come elemento comune, la necessità di adeguate e affidabili informazioni sui materiali a supporto delle strategie e delle azioni specifiche del processo circolare di rigenerazione dell'esistente. Disporre di consistenti set di dati, affidabili e standardizzati, sui flussi di materiali attivi e prevedibili nella filiera delle costruzioni e, più in generale, nell'ambiente costruito, è pre-condizione essenziale per implementare l'approccio circolare. Il tema è articolato: la disponibilità di dati differenziati si scontra con la reperibilità da fonti diverse, non sempre correlabili, o sulla non disponibilità, per effetto del © delle aziende produttrici (Heinrich, Lang, 2019).

In tal senso, appaiono indispensabili *tool* digitali che consen-

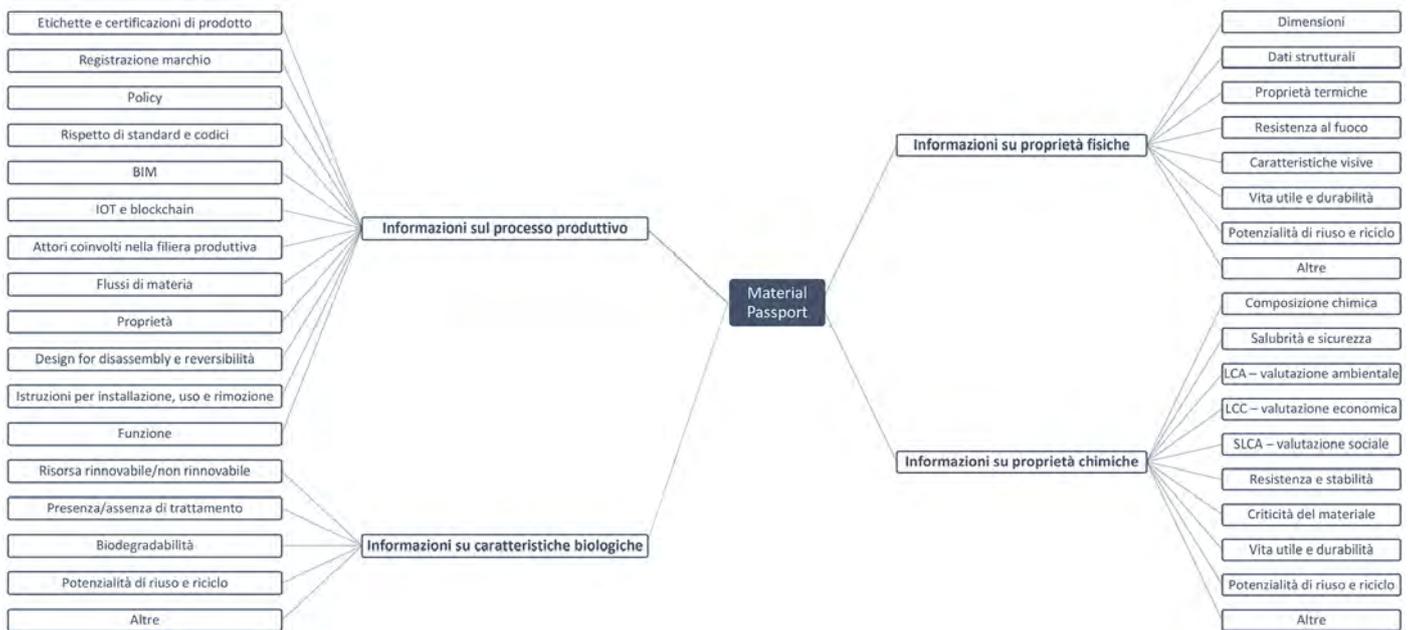


Fig. 2

tano la raccolta e lo scambio di dati, standardizzati e trasparenti, tra i diversi attori della filiera delle costruzioni, poichè «Standardised information exchange is one of the keys for a successful transition to a circular economy» (Heinrich and Lang, 2019). L'assenza di informazioni sulla natura, le caratteristiche, lo stato di conservazione, le prestazioni residue di materiali e componenti, anche nei singoli interventi, è spesso una barriera per attivare pratiche di riuso e riciclaggio, che comporterebbero costose indagini e rischiose assunzioni di responsabilità da parte degli operatori nel ricostruire una affidabile “identità” del materiale, che ne consenta una seconda vita – anche in altri siti – facilitando transazioni e trasferimenti tra più *stakeholder*.

In risposta a tale esigenza, emerge il potenziale del *Material Passport – Circular Passport* o *Product Passport* – strumento digitale che fornisce metodologia e struttura di dati necessarie a raccogliere e gestire informazioni sui materiali, consentendo di superare il *gap* esistente nello scambio di informazioni (Heinrich and Lang, 2019). Il *Passport* definisce il set digitale di dati per la catalogazione e disseminazione delle caratteristiche, in ottica di economia circolare, di un materiale, componente o prodotto: informazioni dimensionali, materiche, meccaniche, sulle performance ambientali e sulla durata, che ne chiariscono il valore rispetto all'uso presente, al recupero e al riuso, in ottica *Life Cycle*. Attraverso la struttura del *Material Passport* (Fig. 2), i dati sono raccolti in un Report digitale, inserito in un database centralizzato, dal quale possono essere estratti sotto forma di Report customizzati in base alle esigenze dei diversi utilizzatori (Luscuere and Mulhall 2018), in sinergia con strumenti di *Building Information Modelling* (BIM).

Come indagato nel Progetto EU Horizon 2020 Buildings as Material Banks (BAMB), i *Material Passport*, sviluppati in via sperimentale alla scala del prodotto e dell'edificio¹, sono strumenti informativi ed educativi, che evidenziano aspetti spesso non inclusi nella documentazione e nelle certificazioni standard, fornendo, quindi, le informazioni necessarie per l'*assessment* e la certificazione da parte di soggetti terzi, in modo da integrare le attestazioni al Passport stesso (Mullhall et al. 2017).

Nell'applicazione sperimentale dei *Material Passport*, interessante è il *Madaster* (*catasto dei materiali*) disponibile su piat-

taforma online². Basato sul principio «waste is material without an identity» (Rau and Oberhuber, 2016), il *Madaster* rappresenta una delle più avanzate frontiere della sistematizzazione digitale di informazioni sui materiali da costruzione, a supporto di un approccio circolare nella filiera edilizia (Fig. 3). La piattaforma è progettata come una biblioteca pubblica, online, di materiali dell'ambiente costruito: facilita la registrazione, l'organizzazione, l'archiviazione e lo scambio di dati, focalizzandosi sulla privacy, la sicurezza e la continuità del flusso delle informazioni, per consentire l'approvvigionamento di *materiali con un'identità*, valorizzandone il potenziale circolare con l'accessibilità alle informazioni (Fig. 4).

I tool digitali a supporto della decostruzione, del recupero e del riuso dell'esistente

La costruzione di database complessi, che includano materiali contemporanei e storici, innovativi e sperimentali, impone una raccolta delle informazioni che dovrebbe avvenire in modo



Fig. 3

¹ Cfr. Building as Material Banks Consortium, available at: <https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/D7-Operational-materials-passports.pdf/>.

² Cfr. Madaster, available at: <https://www.madaster.com/en>.

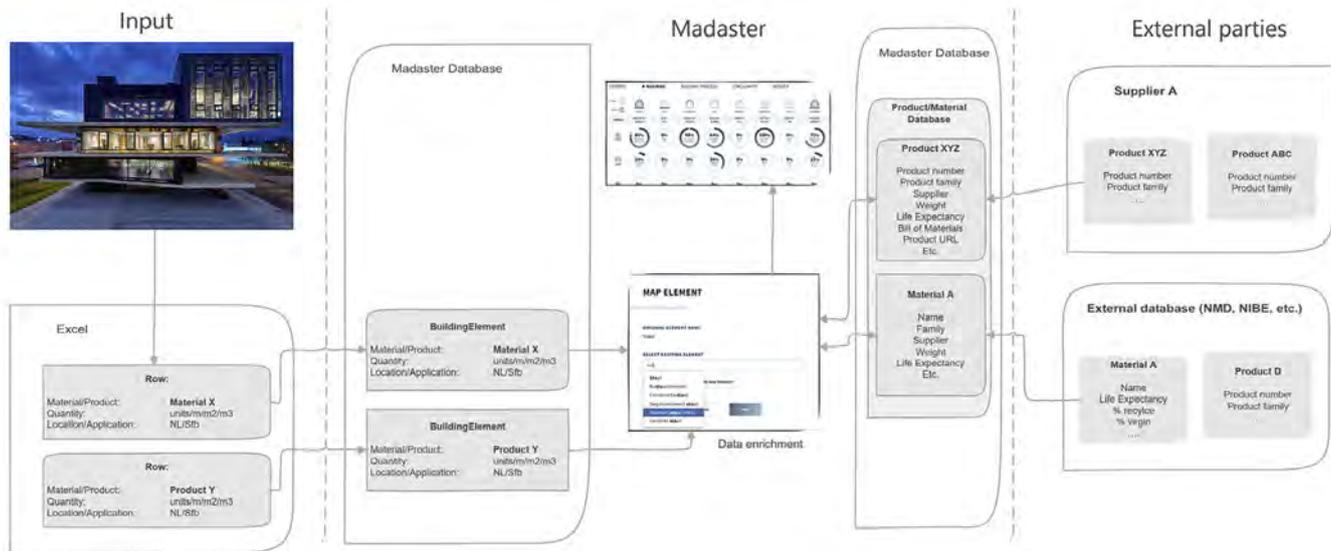


Fig. 4

sistematico, integrandosi organicamente con i processi di lettura, recupero e/o decostruzione del patrimonio costruito.

Gli interventi di riuso dell'esistente, infatti, si basano sull'identificazione di componenti e materiali attraverso l'adozione di strumenti di "catalogazione", che trovano nella "Carta di identità", sviluppata dal *Green Building Council* per il Protocollo *Historic Building*, un sistema integrato di lettura per la definizione delle azioni e degli interventi specifici sugli edifici storici. Articolando l'organismo edilizio per sistemi, si evidenziano gli elementi tecnico-costruttivi da un punto di vista documentale, tecnico e quantitativo per la valutazione degli effetti dell'intervento, strutturando una base di dati utile per gli interventi successivi.

Tale raccolta rappresenta una risorsa preziosa per lo sviluppo di modelli BIM degli edifici storici, nonostante la traduzione della complessità del costruito esistente in un modello tridimensionale digitale ponga importanti interrogativi sulle procedure da adottare, per la difficoltà di far dialogare strumenti, prodotto di algoritmi, con oggetti la cui irregolarità non è traducibile con un'equazione matematica. L'HBIM (*Historic Building Information Modelling*), per la modellazione geometrica e d'informazione, utilizza strumenti specifici di rilevamento di materiali e componenti, in modo da ottenere misurazioni accurate³. Approccio diverso è lo *Scan-to-BIM* che trasferisce informazioni reality-based, con un processo di *reverse engineering* che utilizza tecnologie di rilevamento avanzate (scansione laser 3D, *Structure for Motion*, fotogrammetria ad alta definizione) per ottenere nuvole di punti e *mesh 3D*. La realizzazione del modello digitale dell'edificio storico permette di affrontare gli aspetti connessi a tematiche complesse, per l'intervento di conservazione e valorizzazione, l'efficienza energetica o il consolidamento strutturale, attraverso alternative di intervento, controllandone simultaneamente gli effetti, per raggiungere un mix equilibrato di scelte tecnico-progettuali.

Con riferimento alla demolizione selettiva e al recupero dei materiali dall'esistente, la decostruzione è supportata da un'accurata procedura che preveda la catalogazione digitale dei materiali. Una *best practice* è rappresentata dall'esperienza del gruppo belga Rotor che, con lo spin-off Rotor DC dedicato alla decostruzione selettiva e alla vendita di componenti di recupe-

ro, rappresenta un caso emblematico nella definizione di un iter processuale specializzato nel recupero di componenti, da edifici esistenti, per il riuso. Tenendo insieme la dimensione materica e digitale dell'approccio circolare, Rotor DC ha sviluppato una piattaforma di *e-commerce* di componenti derivanti da processi di demolizione selettiva, accuratamente smontati, ricondizionati, catalogati e stoccati⁴ (Fig. 5). Virtuoso esempio in cui l'approccio circolare si traduce in decostruzione e simultanea creazione di un inventario dei materiali, traducibile in un database per la vendita. A monte della demolizione è stilato un inventario materico preliminare; a valle, è completato il database dei materiali da trasporre sulla piattaforma web di vendita: «Una volta estratti, i materiali vengono inventariati. Nel modo più accurato possibile, ogni elemento viene misurato, contato ed esaminato. È in questo preciso momento che si ha una più ampia e precisa conoscenza dei componenti recuperati. Comprendendo come smontare l'elemento e come funzionava in precedenza, impariamo a trattarlo e cominciamo a considerarlo così com'è, isolato dal contesto o dalla funzione precedente [...]. Tutto questo si traduce in un gran numero di righe e colonne in un file Excel» (Rotor, 2019). La semplificazione di questo articolato processo avviene attraverso uno strumento digitale che dà visibilità ai componenti recuperati "filtrando" alcuni processi, poiché «mascherare la complessità del processo è di fatto quasi l'unica opzione per diffondere l'uso di elementi costruttivi riutilizzati» (Rotor, 2019). In tal senso, ruolo centrale è svolto dal sito web per la vendita dei prodotti (Fig. 6), che fornisce un'immagine e un appropriato set di dati relativi a ogni componente, con una selezione di informazioni accurata per favorire il successo del riuso, potenzialmente arricchibile con le informazioni del *Material Passport*.

Nell'ottica di digitalizzare il processo di recupero dei materiali, infine, appare significativa la recente emanazione (febbraio 2020) della Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020 "Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare"⁵ finalizzata a definire un macro-processo per la decostruzione selettiva, per favorire il recupero – mediante riuso e/o riciclo – degli scarti da costruzione e demolizione, orientato alla compatibilità con la gestione digitale del processo e delle informazioni. Il proces-

3 Cfr. HBIM Project, available at: <https://conference.hbim.org/about/>

4 Cfr. <https://rotordc.com/>

5 available at: http://www.uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9024:decostruzione-selettiva-pubblicata-la-uni-pdr-75-020&catid=171&Itemid=2612



Fig. 5

so, attraverso tre fasi⁶, si riferisce a edifici esistenti – da riqualificare o demolire – e alla nuova costruzione: nel primo caso è fondamentale l'utilizzo del database dei materiali costruito in fase di indagine (audit pre-demolizione); nel secondo è necessario compilare il database dei materiali previsti dal progetto. Obiettivo fondamentale della norma è superare le complicazioni dell'attuale sistema di tracciamento e gestione dei rifiuti delle costruzioni, che in Italia appare quasi bloccante, favorendo una concreta praticabilità delle strategie circolari.

Conclusioni

Gli strumenti digitali a supporto dell'implementazione dell'approccio circolare ai materiali da costruzione, unitamente all'approccio al *Design for Deconstruction* e al *Design for Disassembling* nel progetto dell'esistente, rappresentano un ambito di indagine di specifico interesse della cultura tecnologica, per il riuso circolare, interno all'edificio, di componenti e materiali, estendendo la processualità consolidata del reimpiego. In tale ottica operativa, il sistema costruttivo, negli aspetti materici, nelle connessioni, nella integrazione delle componenti, si pone come elemento centrale nel progetto, orientando le strategie di conservazione delle risorse nell'allungamento della vita utile dell'esistente e nella chiusura dei cicli materici. Approccio sperimentato nel 1949 per la Tropical House da Jean Prouvé, trova nella contemporaneità della progettazione tecnologica la corretta ridefinizione, nel processo del progetto, della fase di decostruzione e della fase di disassemblaggio, che conduce fino al *Reversible Building* (Durmisevic, 2018) come opzione fondamentale del *Circular Built Environment*.

References

- Bernard, J.F., Bernardi, P. and Esposito, D. (2008), *Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso*, École Française de Rome, Roma, IT.
- Durmisevic, E. (2018), "Reversible Building Design Guidelines and Protocol", available at: <https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/12/Reversible-Building-Design-guidelines-and-protocol.pdf> (accessed 18.07.2020).
- Gangemi, V. (2004), *Riciclare in architettura. Scenari innovativi della cultura del progetto*, Clean, Napoli, IT.
- Ghyoot, M., Devlieger, L., Billiet, L. and Warnier, A. (2018), *Déconstruction et réemploi. Comment faire circuler les éléments de construction*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne, CH.
- Holling, C.S. (1973). "Resilience and Stability of Ecological Systems", *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, pp. 1-23.
- Heinrich, M. and Lang, W. (2019). "Materials Passports - Best Practice.

- Innovative Solutions for a Transition to a Circular Economy in the Built Environment", available at: https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/BAMB_MaterialsPassports_BestPractice.pdf (accessed 18 February 2020).
- Luscuere, L. and Mulhall, D. (2018). "Circularity Information Management for Buildings. The Example of Materials Passports", in Charter, M. (ed.), *Designing for the Circular Economy*, Routledge, London, UK.
- Mullhall, D., Hansen, K., Luscuere, L., Zanatta, R., Willems, R., Bostrom, J. and Elfstrom, L. (2017), "Framework for Materials Passports", *Extract from an Internal BAMB Report*, BAMB Consortium, EPEA, SundaHus, Nederland
- Rau, T. and Oberhuber, S. (2016), *The alternative to our society of overexploitation*, Bertram en De Leeuw Publishers, Harlem, NY.
- Rotor (2019), "La meccanica del ringiovanimento", *Inside Quality Design*, vol. 6, pp. 100-107.

6 Progettuale, operativa, aggiornamento del database/elenco consuntivo dei materiali utilizzati.

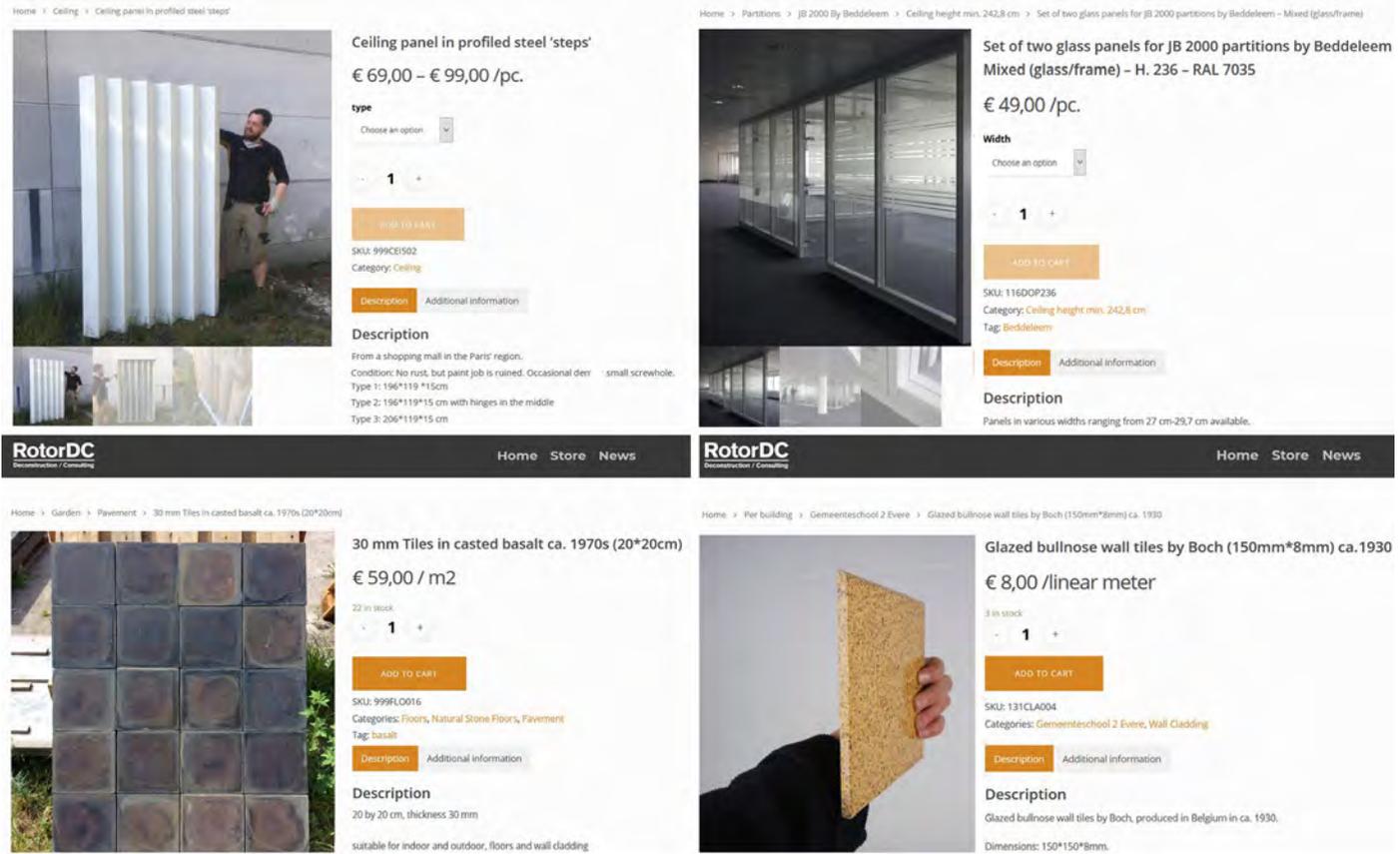


Fig. 6

Fig. 1 – Diagramma di processualità circolare applicata nell'intervento di riqualificazione di una delle torri dell'insediamento ERP a Torrevicchia, Roma. Credits: S. Baiani, P. Altamura, L. Felicioni, G. Grossi

Fig. 2 – Struttura delle informazioni necessarie alla costruzione di un Material Passport. Credits: P. Altamura, rielaborazione da Henrich e Lang (2019)

Fig. 3 – Flusso delle informazioni sui materiali nel processo circolare, con in evidenza il ruolo del Material Passport e del Madaster, ed esemplificazione dei dati sui materiali presenti in un edificio inserito nel Catasto dei materiali. Credits: Madaster, available at: <https://www.symbid.com/ideas/8376-madaster-material-matters?locale=en&action=show&controller=ideas&id=8376-madaster-material-matters>

Fig. 4 – Schema di input, gerarchia, elaborazione, output dei dati e collegamento a partner esterni sulla piattaforma Madaster. Credits: Madaster, illustrazione modificata e riportata in Heisel, F., Rau-Oberhuber, S. (2019), "Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of UMAR and Madaster", Journal of Cleaner Production

Fig. 5 – Fasi del processo di decostruzione selettiva finalizzata al recupero per il riuso delle componenti e stoccaggio nel magazzino fisico della Rotor DC. Credits: Olivier Beart; Rotor

Fig. 6 – Esempi di schede prodotto dal sito web di vendita di componenti architettoniche di recupero della Rotor DC. Credits: <https://rotordc.com/>.

ICTs TECHNOLOGIES FOR FLOOD RISK MANAGEMENT

Bruno Barroca¹, Maria Fabrizia Clemente²

Abstract

Climate resilience, understood as the design of adaptive solutions to future scenarios and to the prediction and prevention of critical events, such as floods, is a strategic driver for the future. In this process, the support of ICTs technologies becomes essential for the acquisition and management of data to support processes and projects. However, there is a gap between the acquisition of scientifically processed data and their use by decision-makers. For flood risk management, the visualization and communication of the areas at risk and their characteristics is a fundamental aspect of the process.

Keywords: Risk management, Risk Visualization, Cartography, ICTs technologies, 3D Geovisualizations, Flood

¹ Lab'Urba/Département Génie Urbain, Gustave Eiffel University (France), bruno.barroca@univ-eiffel.fr

² DiARC-Department of Architecture, University of Naples Federico II, mariafabrizia.clemente@unina.it



Fig. 1

Introduction

In this four-handed contribution, the relationship between flood risk analysis and its visualization and communication to different decision-makers of multiple contexts is analysed. First, the traditional techniques of cartographic representation will be analysed, then the contribution that ICTs (Information and Communication Technologies) have offered will be investigated, through the presentation of French best practices.

The cultural and scientific debate on resilience has progressively affected many fields of knowledge and resilience thinking scenarios have developed in different disciplinary contexts. The discipline of architecture relates to risk prediction and prevention strategies, climate change adaptation, vulnerability reduction and long-term mitigation measures (Losasso, 2018). With the introduction of ICTs technologies, big data and open source systems, the analysis, design, monitoring and management of projects increasingly depend on the integration and processing of data, models and simulations to support decision-making processes. Scientific research is pushing towards the integration of an increasing number of quantitative variables through a multiscale and integrated approach and the use of specific support tools, such as GIS-based tools and Web-GIS mapping. In this context, the role of the architect remains that of interpreting information and comparing it with the local context.

Floods are among the most frequent and damaging disasters in the world, both in terms of life lost and in terms of environmental, social and economic impacts. In this already disastrous context, the growing impacts of climate change and increasing demographic pressure are added. Floods can occur due to several natural and anthropic causes, including flash floods, rising groundwater, gradual sea level rise and coastal storm surges. Although flooding cannot be fully predicted, proper emergency management can significantly reduce damage to buildings and people. The identification of areas at risk and the degree of vulnerability of such areas is a key component for emergency management and for the planning and design of uses and spaces.

Modelling, analysis and visualization of flood risk areas is still a complex practice and requires the use of conceptual, physical and mathematical models for the deployment of multiple factors. It requires the knowledge and application of specific hydrodynamic equations and models to understand flow behaviour, at the same time it requires the knowledge of urban systems and subsystems that characterize the territory. In the phase of territorial analysis and monitoring a particularly efficient synergy, widely adopted by the scientific community, is the joint use of remote sensing and GIS techniques. Among remote sensing sector, satellite data offer several advantages¹. In recent times, social media data and sensor technologies are enabling new ways and paradigms of citizen participation in climate risk management, generating information for immediate management, allowing real-time updating maps of flooded areas and rapid communications, and, at the same time, promoting demand-driven policy responses. The citizens' involvement in flood risk management, in addition to being useful, is encouraged by the European Floods Directive 2007/60/EC with the promotion of public participation mechanisms (When, 2015).

Traditional methods for risk visualization and communication

Cartographic representation was born in ancient times as a support tool to accompany man in travels and explorations. Since the beginning, cartographers have tried to find the right balance between the multiple information that maps communicate and the reproduction, as faithful as possible, of reality. Cartography is a science, an art and a technique, whose goal is the transfiguration of a series of complex information into a graphic image. Maps are both analogue and symbolic means of communication, their understanding is entrusted to specific languages. The discipline that studies them is cartographic semiology. Maps are essentially composed of three elements: points, lines and cells. These three elements are characterized by six visual variables: size, value, weight, colour, orientation and shape. The reader is entrusted with the analysis and interpretation of the image through his or her visual perception (Bertin, 1967).

Traditional models, for the evaluation and visualization of flooding, are based on the cartographic representation of the phenomena and its impacts at a given time. Communication techniques always rely on a traditional language: points, lines and cells and their declinations. The timeline is unambiguous and the map is static. To represent one or more scenarios, both in a spatial and temporal sense and in terms of frequency, it is necessary to use more than one map or to use overlaps. With traditional representation, the perimeter of flooded areas becomes difficult to manage, especially considering the high dynamism that characterizes the hazard. Theoretically, the content of risk maps can be very different: the probability of hazards, exposure, vulnerabilities and potential damage to people and to the built or natural environment, or the capacity to recover from such an impact, in practice concerning floods risk, this variety cannot be observed and described very easily, mainly due to the high spatial and temporal dynamism.

Big data have enriched the processes with new inputs, making new tools necessary for the management of such data. The rapid spread of information technology has transformed the cartography from paper to digital² and the maps to cybermaps. Cartography has become computer-assisted and incorporates elements of geomatics and multimedia. Digitization, accompanied by increasingly intuitive information management, has changed way users interact with data. In this context flood risk communication is a key instrument, it can aim to raise awareness, change behaviour of the stakeholders, improve knowledge and enable dialogue. Key elements of communication are the actors or communicators, the purpose and content of messages, the phases in the risk management cycle in which the communication takes place as well as the communication modes and formats of visualization (Höppner, 2010).

Although several techniques for the analysis and evaluation of the flood events have been developed in the scientific community, in Europe national and local administrations base their instruments for the government of the territory on traditional and static representations, entrusting the communication of their studies and dispositions to maps and regulatory policies, available online. If the territory will be considered as a multiscale assembly of materials and natural and anthropic phenomena, complex and heterogeneous, it is evident the need to use innovative models and methodologies to save people and keep our cities

1 Satellite images have a wide temporal coverage, datasets have been available since the 1970s. The advantage of this type of data lies in the homogeneity and its universal spatial and temporal resolution that characterizes the images, enabling the monitoring of changes over time.

2 The discipline of Cartography evolves into Cybercartography, in relation to Industry 4.0 it is possible to refer to Cartography 4.0. Cybermaps allow to understand the vast information of this digital age.

resilient. The traditional methods of visualization are therefore sometimes obsolete due to the impossibility of governing and representing both the high dynamism that characterizes natural phenomena and the complexity of contemporary cities. Cities are in fact made up of multiple systems and subsystems (e.g. environmental, social, economic and infrastructural), among which there are more and more interactions. On the other hand, it is especially difficult, if not impossible, to predict the intensity, frequency and scale of natural phenomena, such as the interaction between them (Barroca and Serre, 2018).

The contribution of ICTs technologies

Information and Communication Technologies (ICTs), related to the recent scenarios of Digital Culture and Industry 4.0, such as Geographic Information System (GIS), web-based GIS platform and smartphone applications, have rapidly transformed the way how data are used and visualized. Numerous are the definitions of ICTs, in a growing consensus and in a holistic way both aspects of technology – hardware and software – as well as activities and interactions – “humanware” – can be included. With these technologies, new aspects of climate risks can be analysed through an improved range and speed of information as well a better way of visualisation and sharing. These technologies can support all phases of risk management, in a first phase through monitoring, forecasting and hazard prevention by supporting individuals, communities, governments, businesses and other entities in risk reduction. At the same time, these technologies can support the response and recovery phases through the processing, organization, storage and dissemination of information (World Bank, 2019).

In the last decade Visualization has become an important topic of research, and new research fields such as “Data visualization” and “Information visualization” have emerged. In the context of climate risk management, as anticipated, the communication of the areas at risk is a fundamental component of the processes. Flood communication is related to the phases of prevention and preparedness, while response and recovery are not covered. Most of the existing studies and practices address the general public and there are few tools to support decision-makers. Visual communication practices can be considered effective

if they result in a change in the target group’s risk awareness, knowledge, beliefs or behaviour (Charriere et al., 2012).

The research is pushing towards the integration of an increasing number of quantitative variables in the models for flood a risk assessment, thanks to a multiscale and integrated approach and the use of specific support tools, such as GIS-based and Web-GIS tools. Interactivity is becoming a fundamental requirement in modern decision support tools, and consequently simulation performance has become a crucial aspect. The dynamism of maps can be guided, as in the case of animated maps, or manual through specific procedures. In the context of scientific experimentation, there are many techniques for the assessment of flood risk that take advantage of the support of these new technologies.

A key element in flood risk management has been the introduction of geo-referenced 3D images and the association of attributes to map elements, which makes it possible to dissociate two aspects that remained mixed when only 2D cartography was available: namely the technical information about the exposure of a parcel at risk and the scenery of the flooded area. Compared to 2D cartography, 3D geovisualizations make it possible to visualize the land relief and land use. Being able to visualize these different elements – hazard, topography, hydraulic flow, buildings, roads – together on the same portion of territory, allows technicians to reflect on the hazard, the elements exposed and the degree of vulnerability and to easily link the water heights of the hazard with the flow conditions in the terrain. The geovisualizations represent both strategic tools for the management of the instrument and intermediate objects for the interaction between the actors (Jaquinod et Langumier, 2010) (Fig 1).

A French case: the web framework iTowns

Although scientific research has made considerable progress, there are still problems in sharing and transferring information from the fields of climate science and geospatial data to data users, decision-makers and users in general. To solve the problem, in France, the IGN (Institut national de l’information géographique et forestière) MATIS research laboratory has developed the iTowns 3D geospatial data visualization web framework to enable an interactive use of all types of 3D ge-

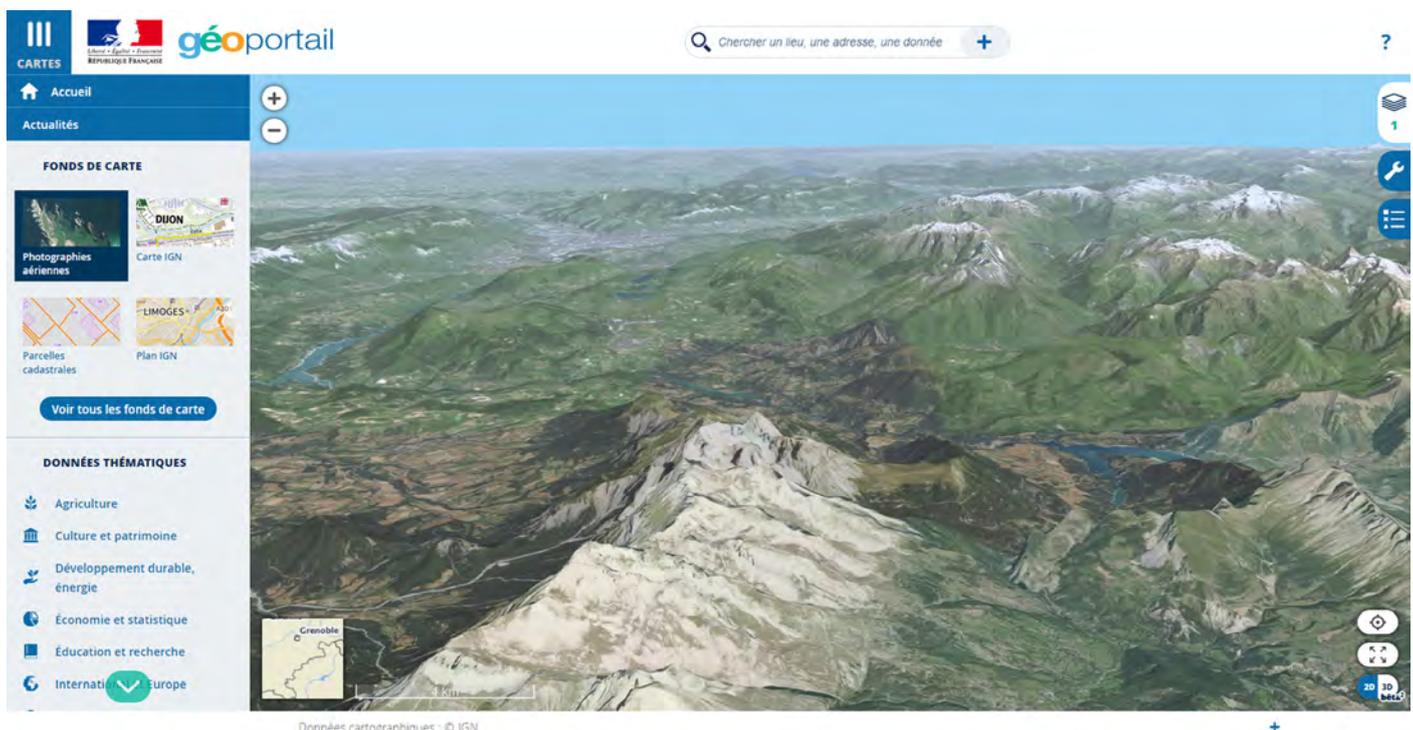


Fig. 2



Fig. 3

ospatial data over the web. The service, among others, is used in the French official government platform for the diffusion of data (<https://www.geoportail.gouv.fr/>) (Fig. 2). It has been funded through various research programs involving the French National Research Agency, Cap Digital, UPMC, Mines ParisTec, CNRS, LCPC and others.

iTowns is a web framework written in Javascript/WebGL and is an innovative multi-level solution for the use of the latest web and geovisualization technologies. This framework was initially designed for the visualization of data from LiDAR surveys in 2008-2011 (version 1.0). Its first purpose was the visualisation of street view images and terrestrial lidar points cloud. It then evolved to integrate an increasing number of variables for a heterogeneous, multiscalar and textured 3D visualization of reality (version 2.0), for an immersive browsing large volume of 3D data on a range of scales. There are many supporting data to the web framework, such as aerial and terrestrial raster images, 3dTiles, GeoJSON, vector tiles, GPX and much more. Headline benefits are the advanced features for interactions between data and users in an open source system, without the need for external plugins. The Application Programming Interface (API) and interoperability offered multiple services for different needs (Picavet et al., 2016) (Figg. 3,4).

The iTowns is continually being endowed with new features and, in addition to visualization of geospatial data (such as LiDAR, images, 3D models and much more) it allows to carry out several operations through data co-visualization, annotation, analysis and measurement, with a freer manipulation of the style of the representation in order to adapt it to a given use. For example, it enables: to perform simulations like flooding by water elevation or building construction (based on the local urban planning rules) or to visualize interactively the climatic information (e.g. urban heat island). Other functions relate to the possibility of augmented reality and virtual tours and to visualize them, even in complex locations. All these capabilities offer the web



Fig. 4

framework iTowns as a valuable and innovative tool for decision-makers support for the projects of safety, control and monitoring of the natural and built environment. Together with the geoportal of the French government several French and European research projects (Alegoria, URCLIM) are relying on iTowns to create new ways of navigation and interaction between users and data, in particular, the ERA4CS URCLIM project aims to create new climate services and will use iTowns to disseminate the results of the climate model (Konini et al., 2019).

Conclusions

The predictive capabilities of the projects depend, more and more, on the integration of an increasing number of variables, however, there is a gap between the acquisition of scientifically processed data and their use by decision-makers of different disciplinary contexts.

Communication and visualization of climate risks is a rapidly developing discipline, addressing different fields of knowledge, and in this context, the strong connection between Architecture and ICTs technologies linked to the recent scenarios of Digital Culture emerges, orienting policies, plans and projects in a sustainable and smart way.

In flood risk management, communication and visualization of flooded areas and of their characterizes is a key instrument of the process, related to the phases of prevention and preparedness. There are multiple tools of data visualization, supported by ICTs, but administrations remain linked to more traditional cartographic models. The French iTowns web framework for 3D geospatial data visualization, designed by IGN research laboratories, is a virtuous example for data visualization and sharing. The web framework, in continuous development, has been and will be used in different French and international researches as an innovative way to connect data and users. In addition to data visualization, the web framework allows to perform many activities. Among others, the official geoportal of the French government uses iTowns with a simple and intuitive interface.

Research must continue to push in this direction, in order to reduce the gap between the information produced by scientific research and the needs of decision-makers. Moreover, possible research perspectives today aim at models that are updated in an increasingly dynamic way, almost in real time, to better manage the crisis, also during the response phase, thanks to the support of remote sensing data, social media data and sensor technologies.

References

- Barroca, B., Serre, D. (2018), "Risks revealed by cartography – cartography renewed by the geovisualization of risks", *International Journal of Cartography*, vol. 4, pp. 1-3.
- Bertin, J. (1967), *Sémiologie graphique: Les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Gauthier-Villars, Paris, FR.
- Charriere, M., Junier, S.J., Mostert, E. and Bogaard, T.A. (2012), "Flood risk communication: Visualization tools and evaluations of effectiveness", *Science, policy and practice: closing the gap*, proceedings of the 2nd European Conference on FLOOD risk Management, Rotterdam, The Netherlands, 20-22 November 2012, pp. 116.
- Höppner, C., Buchecker and M. Bründl, M. (2010), "Risk communication and natural hazards", CapHaz-Net WP5 report, Report, Swiss Federal Institute, available at: https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Projekte/CAPHAZ/CapHaz-Net_WP5_Report_final.pdf (accessed 20 February 2020).
- Jacquino, F. and Langumier, J., (2010), "Géovisualisations 3D en action dans l'aménagement du territoire", *Géocarrefour*, vol. 85, pp. 303-311.
- Konini, M., Devaux, A. and Brédif, M. (2019), "iTowns, le nouveau moteur de visualisation 3D de données géospatiales du Géoportail", *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, vol. 94, pp. 14-18.
- Losasso, M. (2018), "Progetto, Ambiente, Resilienza | Design, Environment, Resilience", *Techn. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 16-20.
- Picavet, V., Brédif, M., Konini, M. and Devaux, A. (2016), "iTowns, framework web pour la donnée géographique 3D", *Revue XYZ*, vol. 147, pp. 49-52.
- Wehn, U., Rusca, M., Evers, J. and Lanfranchi, V. (2015), "Participation in flood risk management and the potential of citizen observatories: A governance analysis", *Environmental Science & Policy*, vol. 48, pp. 225-236.
- World Bank (2019), "Information and Communication Technology for Disaster Risk Management in Japan: How Digital Solutions are Leveraged to Increase Resilience through Improving Early Warnings and Disaster Information Sharing", available at: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/979711574052821536/pdf/Information-and-Communication-Technology-for-Disaster-Risk-Management-in-Japan.pdf> (accessed 10 July 2020).

Fig. 1 - Geovisualisation 3D flooding of the Rhone. Processing on: aquinod et Langumier, 2010

Fig. 2 - The geoportal of the French government. Source: <https://www.geoportail.gouv.fr/>

Fig. 3 - Example of Textured Mesh (BATI-3D®) and point clouds in iTowns. Credits: Picavet et al., 2016

Fig. 4 - Seine flooding simulation, Place de la Concordia. Credits: Picavet et al., 2016

METODOLOGIE PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO DEGLI SPAZI URBANI CON L'UTILIZZO DI TECNOLOGIE DIGITALI

Simona Mascolino¹, Sara Verde²

Abstract

Per attuare efficaci azioni di adattamento climatico in ambito urbano risulta particolarmente appropriato un approccio ecosistemico al progetto che consenta di attuare strategie progettuali resilienti ed evolutive. Il contributo propone una metodologia sperimentale con un approccio ambientale al progetto architettonico che, utilizzando strumenti di simulazione digitale, induce nella progettazione una modalità innovativa capace di gestire i livelli di informazione necessari per comprendere le relazioni tra ambiente e impatti climatici alle diverse scale.

Keywords: Tecnologie digitali, Servizi ecosistemici, Adattamento climatico, Vulnerabilità ambientale

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, simonamascolino@gmail.com

² DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, sara.verde@unina.it



Fig. 1

Introduzione

L'attuale complessità dell'ambiente urbano e l'insorgere di fenomeni climatici di sempre maggiore rilevanza richiedono l'utilizzo di avanzati processi di trasformazione e gestione delle risorse all'interno di una progettazione innovativa. A fronte dei conseguenti problemi di criticità sociale ed economica, l'obiettivo della rigenerazione urbana è orientata allo sviluppo di strategie tese al superamento delle criticità della città contemporanea. Il tema dell'adattamento agli impatti del *climate change* in ambito urbano necessita di un diverso approccio al progetto che miri da un lato alla salvaguardia degli habitat antropici e naturali, dall'altro a una loro possibile co-evoluzione eco-sistemica, alla trasformazione dei processi economici di tipo consumistico e alla modificazione degli stili di vita degli abitanti. Il progetto si sposta, quindi, da una dimensione meccanicistica e deterministica ad una dimensione "generativa" nella quale trova spazio l'aspetto ecologico dei sistemi insediativi in cui l'approccio eco-sistemico consente di attuare strategie progettuali resilienti ed evolutive.

La scelta di soluzioni innovative caratterizza linee operative che non limitino il tema della rigenerazione alla sola determinazione di assetti fisici e prestazionali, ma che integrino processi di programmazione e progettazione in relazione ad un efficace uso delle risorse. Per lo sviluppo di progetti finalizzati a ridurre sia il fabbisogno di risorse che l'impatto ambientale, si rende necessaria una progettazione ambientalmente orientata che faccia riferimento alle condizioni *hazard specific* e *site specific*. Ciò comporta, tuttavia, la gestione di una grande quantità di dati che devono essere amministrati in maniera adeguata nei processi di conoscenza della realtà fisica e dell'ambiente costruito nonché nella gestione nel processo progettuale. In questi nuovi scenari, l'innovazione tecnologica svolge un ruolo fondamentale in quanto consente di includere nel processo progettuale i livelli di informazione necessari alla sua gestione, in particolare per il controllo degli interventi che incidono sulla relazione complessa tra ecosistema, ambiente costruito e variabili climatiche. Per trovare una risoluzione a queste questioni, l'approccio EbA (*Ecosystems based Approaches*) mette a sistema le funzioni della natura, de-codificate attraverso i servizi che essa eroga, con le strategie adattive ecosistemiche e un approccio *nature-based* apportando benefici innanzitutto di carattere ambientale ma anche sociale, culturale ed economico. L'EbA si configura, dunque, come un approccio strategico, flessibile e potenzialmente conveniente sotto l'aspetto economico. Le questioni ambientali sono, difatti, problemi compositi poiché fanno riferimento a una nozione sistemica di ambiente e ciò fa sì che sia possibile affrontarli da molteplici angolazioni aumentando le probabilità di giungere a una «soluzione corretta» (Chiapponi, 1990). Nell'ambito dell'approccio ecosistemico ciò si traduce nell'applicazione di metodologie scientifiche appropriate che comprendano le strutture essenziali, i processi, le funzioni e le interazioni tra gli organismi e il loro ambiente (Padovani, Carrabba and Mauro, 2003).

Il progetto architettonico si arricchisce, dunque, dell'apporto delle tecnologie digitali che possono migliorare le città, grazie all'uso e alla gestione di big data come punto di partenza per un utilizzo intelligente di una tecnologia capace di essere un efficace sistema di supporto alle decisioni nelle politiche degli enti locali.

Il contributo si propone di affrontare tali questioni suggerendo un approccio metodologico nel quale è definito un set di strumenti computazionali (come gli strumenti di elaborazione *GIS based* e parametrici) che permettono la gestione dei dati per

l'individuazione delle zone più vulnerabili in ambito urbano e, quindi, l'applicazione di strategie per l'adattamento climatico.

La cultura tecnologica per la progettazione ecosistemica

Nello scenario della progettazione architettonica tecnologica il "progetto eco-sistemico" assume un ruolo centrale nella evoluzione degli approcci al progetto, capace di interagire in termini ecosistemici con l'ambiente. Influenti, per perseguire tale approccio, sono le strategie di *adaptive design* per la riduzione della vulnerabilità ambientale delle città.

La progettazione eco-sistemica individua, inoltre, nell'efficienza ecologica un fattore in forte relazione con la tecnologia e con le più recenti tematiche ambientali. Il fine è quello di far sviluppare gli ecosistemi in linea con gli aspetti di *governance* socio-economica e di ripensare la loro relazione con gli aspetti tecnologici e ambientali.

Al riguardo, la progettazione ambientale può, ulteriormente, fornire adeguate risposte a specifiche esigenze di salvaguardia ambientale per la riduzione della vulnerabilità degli ecosistemi e agire attraverso molteplici modalità di intervento sull'ambiente attribuendo una notevole importanza alla relazione con il contesto. Nella cultura tecnologica della progettazione ambientale, infatti, «coincidono i nodi della storia dei luoghi, della qualità, della materialità, della strumentalità, del benessere» (Giuffrè, 2001).

La cultura tecnologica della progettazione pone, infatti, al centro dell'architettura la gestione ed il controllo della qualità del processo progettuale e della produzione edilizia. Oggi, con la progressiva industrializzazione e digitalizzazione del settore, questo processo vede l'introduzione di nuove procedure. Il progetto resiliente agli impatti sulla città si configura all'interno di una questione cruciale che investe la cultura, la scienza e la tecnologia. La tecnologia digitale, nella contemporaneità attraverso una progettazione resiliente, supporta la costruzione di un rapporto innovativo tra individui, spazi urbani, edifici e nuove tecnologie, all'interno del quale l'elaborazione e la trasmissione delle informazioni giocano un ruolo fondamentale. Lo sviluppo urbano nell'era digitale definisce una nuova visione dell'ambiente costruito in cui l'infrastruttura urbana integrerà i luoghi fisici e le interfacce con dati e le informazioni, evolvendo verso un nuovo concetto di ecosistema in cui la percezione e la fruibilità, con il controllo e il funzionamento efficiente dell'infrastruttura in regime di cambiamento climatico, si modificano in maniera innovativa (Tucci, 2009).

Approccio metodologico interscalare e tecnologie digitali

Nei nuovi scenari definiti dagli impatti derivanti dal cambiamento climatico, l'approccio eco-sistemico al progetto architettonico è emerso come una promettente strategia per incrementare la resilienza degli ecosistemi e supportare stili di vita sostenibili. La progettazione eco-sistemica può indurre molteplici benefici in quanto in essa si affrontano i legami cruciali tra cambiamento climatico, biodiversità e gestione sostenibile delle risorse che consentono, preservando e potenziando gli ecosistemi, di attuare azioni di mitigazione e adattamento ai nuovi impatti ambientali. Nel campo della progettazione si richiede, dunque, un approccio in grado di gestire la molteplicità dei fattori che entrano in campo in modo unitario e sinergico.

Le tecnologie digitali e, in particolar modo, gli strumenti di simulazione contribuiscono a gestire in maniera adeguata i processi di conoscenza e gli scenari di intervento della realtà fisica e dell'ambiente costruito.

La metodologia proposta è stata sperimentata nell'ambito del Progetto di Ricerca "SIMMCITIES_NA¹", svolto presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", ed è orientata alla definizione di un quadro di strumenti per la progettazione resiliente ai cambiamenti climatici incorporando metodologie di analisi originali e *workflow* processuali di supporto alla progettazione tesi a misurare i molteplici benefici derivanti dall'applicazione di strategie *climate-adaptive* alla scala locale. L'approccio proposto dalla ricerca è stato testato in maniera sperimentale nella periferia orientale della città di Napoli, con particolare riferimento al Piano di Recupero Urbano del Distretto di Ponticelli (Leone and Tersigni, 2018). Il risultato, che le sperimentazioni progettuali svolte all'interno del Progetto di Ricerca hanno prodotto, è stato lo sviluppo di un progetto pilota esito di strategie di riqualificazione urbana per l'adattamento climatico con il supporto di strumenti *IT (Information Technology)*. La sperimentazione si è articolata in fasi sequenziali e iterative che hanno portato allo sviluppo del progetto attraverso un approccio multi-disciplinare e multi-scalare (Leone and Tersigni, 2018).

Gli strumenti IT utilizzati nell'ambito della sperimentazione sono stati:

- gli strumenti *GIS (Geographic Information Systems)* che costituiscono sistemi informativi multilivello che permettono di catalogare e relazionare informazioni riferite ad ambiti urbani estesi a partire da molteplici tipologie di dati (dati aerofotogrammetrici, dati da telerilevamento LIDAR, serie climatiche, rilevamenti in situ, ecc.), finalizzate alla conoscenza del sistema urbano (D'Ambrosio, 2018);
- gli strumenti per la progettazione parametrica (*Grasshopper Ladybug/Honeybee*) che permettono di effettuare simulazioni energetico-ambientali così da poter indagare il comportamento termo-fisico di edifici e spazi aperti, calcolando parametri quali l'irraggiamento, i flussi d'aria, il comfort termico o le emissioni di inquinanti (Leone and Tersigni, 2018).

L'approccio metodologico sviluppato nella ricerca "SIMMCITIES_NA" è di tipo processuale e si è sviluppato in più fasi. La prima fase è stata relativa alla conoscenza del sistema urbano attraverso l'elaborazione di carte tematiche a livello distrettuale urbano. Le carte tematiche realizzate sono attinenti sia all'analisi funzionale-spaziale che all'analisi ambientale. L'analisi ambientale è stata realizzata a partire da un *database* descrittivo del sistema edifici-spazi aperti e individuando indicatori i cui coefficienti sono strettamente collegati alle proprietà dei materiali. Determinati i coefficienti, è stato possibile associare, tramite l'utilizzo dei *software GIS*, i poligoni di base del *database* di partenza ai corrispondenti valori degli indicatori tramite un'attenta elaborazione dei dati. Al fine di valutare l'impatto sul sistema urbano di strategie di adattamento e mitigazione sono stati impiegati modelli per la simulazione ambientale tramite l'utilizzo di software per la progettazione parametrica. Tali software (*Grasshopper, LadyBug, HoneyBee*) permettono la modellazione e la simulazione ambientale tramite la costruzione di algoritmi generativi al cui interno siano stati opportunamente inseriti i dati climatici della zona di riferimento per l'intervento. La progettazione parametrica, inoltre, permette di controllare gli indicatori al variare delle condizioni al contesto in modo dinamico così da poter quantificare l'efficacia di differenti categorie di opere rispetto alle specifiche condizioni

contestuali. Questo tipo di approccio ha consentito, dunque, l'analisi di differenti variabili parametriche al fine di comprendere il comportamento del sistema urbano o di sue parti e ha permesso di misurare, attraverso il riferimento a un set di indicatori, le prestazioni e gli effetti sugli *hazard* di differenti alternative progettuali al variare delle specifiche condizioni contestuali. Questa conoscenza può essere utilizzata per elaborare strategie di risposta del sistema urbano alle condizioni ambientali e ai fenomeni meteorologici estremi.

Risultati

La metodologia proposta ha determinato come risultato lo sviluppo di un progetto pilota che tenesse conto della crescente complessità delle realtà urbane, tramite l'utilizzo di strategie di riqualificazione edilizia e urbana per l'adattamento climatico con il supporto di tecnologie avanzate IT. Gli strumenti digitali hanno permesso, inoltre, un aumento della comunicazione e della cooperazione intersettoriale definendo un approccio multidisciplinare e multiscalare. L'obiettivo è stato quello di migliorare la conoscenza e la comprensione da parte di amministrazioni pubbliche e progettisti circa gli impatti climatici e i possibili effetti di azioni o di scelte operative attuate in diversi settori strategici, decifrando ed elaborando la crescente mole di dati relativa al contesto urbano traducendola in informazioni che possano essere incorporate in modo efficiente nei processi di pianificazione e progettazione.

Nel caso applicativo del distretto urbano di Ponticelli, infatti, gli strumenti *GIS based* hanno permesso di stimare il comfort *outdoor* alla scala urbana tramite la misura del valore degli indicatori ed i *tool* per la progettazione parametrica hanno consentito di comparare differenti scenari progettuali e di verificare la valutazione del comfort termo-igrometrico dell'ambiente costruito. Nella prima fase di conoscenza del sistema urbano, strumenti di elaborazione *GIS based* hanno permesso, tramite l'elaborazione di mappe alla scala distrettuale, di individuare le aree più vulnerabili rispetto agli *hazard* di *heat wave* e *pluvial flooding*. Nella fase progettuale i *tool* per la progettazione parametrica sono stati, in seguito, utilizzati per una valutazione del *comfort outdoor* tramite la definizione di algoritmi generativi che hanno consentito l'analisi di differenti variabili al fine di comprendere, da un lato, il comportamento del sistema urbano e, dall'altro, di misurare le prestazioni degli spazi aperti (tramite il controllo di specifici indicatori come il RIE – *Riduzione dell'Impatto Edilizio* che punta a limitare la quantità di superfici impermeabili, e l'UTCI – *Universal Thermal Climate Index* rappresentativo del *comfort outdoor* percepito) anche al variare delle condizioni al contesto. Ciò ha permesso, inoltre, di poter quantificare l'efficacia di differenti categorie di opere rispetto alle specifiche condizioni contestuali. È stato possibile, per esempio, verificare che, agendo solo sulle alberature, in tessuti con una superficie coperta superiore al 10% al fine di ottenere effetti migliorativi significativi è necessario attuare un aumento della superficie evapotraspirante non solo sugli spazi pubblici ma anche nelle corti private. In tessuti con una superficie coperta inferiore al 10%, invece, la strategia più efficace è quella di distribuire il numero delle alberature negli spazi aperti in maniera compatta e densa (Fig. 1).

I processi sperimentati hanno permesso una migliore conoscenza delle variabili che caratterizzano l'ambiente e,

1 Il contributo si inserisce all'interno della ricerca "SIMMCITIES_NA, *Scenario Impact Modelling Methodology for a Climate change-Induced hazards Tool for Integrated End-users Strategic planning and design* – NAPOLI", sviluppata da un Gruppo di ricerca del DiARC-Dipartimento di Architettura coordinato da Mario Losasso, Giulio Zuccaro e Mattia Leone. Il progetto di ricerca costituisce una componente di una proposta di ricerca presentata all'interno del programma *Horizon 2020 (H2020)*, finanziato per il periodo 2017-2019 dall'Università degli Studi di Napoli Federico II.

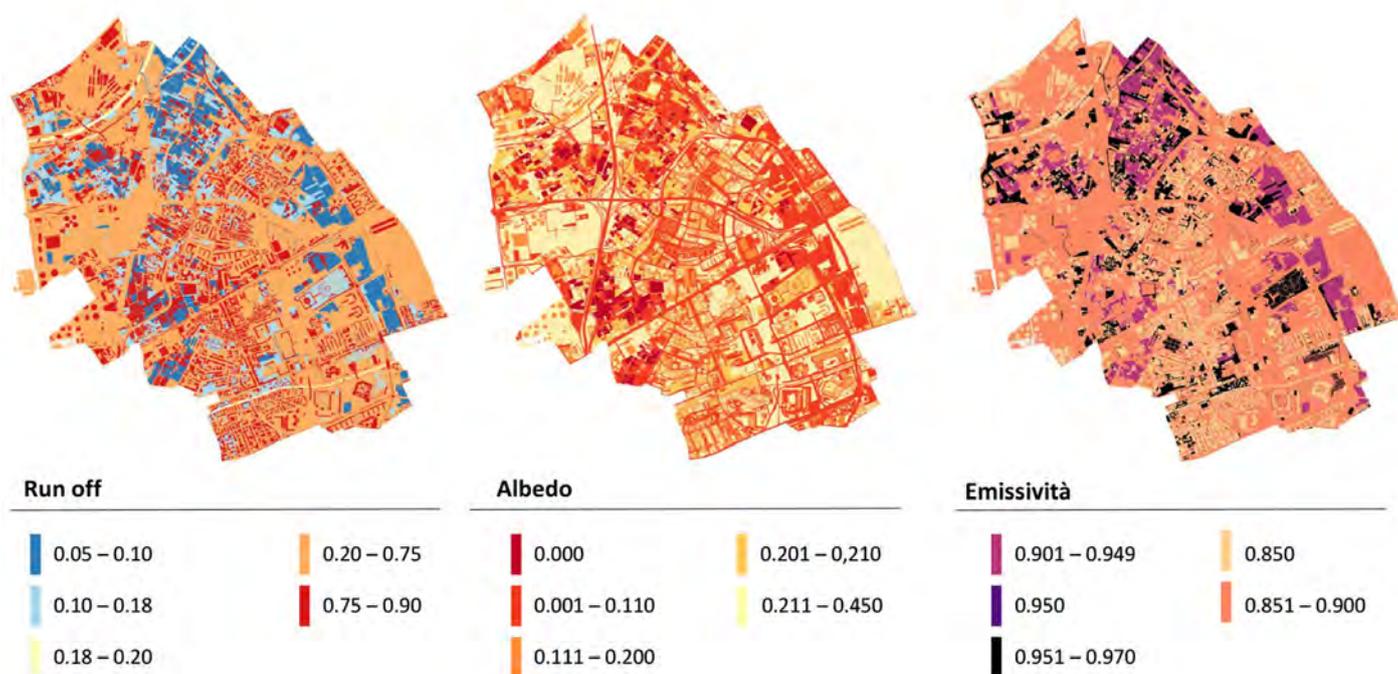


Fig. 2

essendo replicabili, possono giocare un ruolo potenziale ed essere incorporati all'interno dei processi di pianificazione gestiti dalle amministrazioni pubbliche.

Il principale esito è stato la definizione di fasi processuali che utilizzino strumenti di design computazionale al fine di supportare processi decisionali e progettuali complessi, attenti alle specifiche condizioni del contesto in termini di vulnerabilità e incidenza del microclima urbano sulle variabili climatiche.

Le tecnologie digitali costituiscono, dunque, degli strumenti complementari alla progettazione ecosistemica per affrontare gli impatti del cambiamento climatico, permettendo di gestire la quantità di informazioni che caratterizza questi processi. Questo metodo può risultare più efficace se, per analogia, gli strumenti individuati possono essere trasferiti in condizioni urbane analoghe. Ne consegue una progettazione eco-sistemica omogenea in cui si individuano miglioramenti delle prestazioni, delle caratteristiche e delle condizioni dovute alle azioni di mitigazione, adattamento e miglioramento rispetto agli impatti causati dal cambiamento climatico.

Conclusioni

Superando alcuni limiti imposti da approcci di tipo deterministico che, nella nuova realtà definita dal cambiamento climatico, forniscono con maggiore difficoltà risposte adeguate alla complessità dei contesti sottoposti alla rilevanza degli impatti, risulta efficace una progettazione ambientale basata su un approccio eco-sistemico che non vede più gli edifici come entità distinte inserite nell'ambiente ma come nodi di un sistema complesso dotato di un articolato ciclo di vita. La ricerca ha contribuito a fornire una prospettiva di un'architettura basata sui concetti di un processo rigenerativo in continuo divenire che coinvolge l'ambiente antropico e naturale, capace di esplorare strategie innovative grazie all'utilizzo di strumenti tecnologici, quali, ad esempio, i software per la simulazione ambientale. L'uso delle tecnologie di simulazione digitale e l'attenzione ai temi ambientali, ecologici e climatici, definisce le caratteristiche più evidenti di una nuova visione della progettazione ecosistemica in cui la progettazione ambientale si configura nel suo

apporto ad una trasformazione della realtà, in grado di attivare nuove relazioni tra gli elementi che costituiscono l'ambiente naturale e antropico.

References

- Chiapponi, M. (1990), "Le metodologie della progettazione", in Maldonado, T. (ed.), *Ambiente: gestione e strategia. Un contributo alla teoria della progettazione ambientale*, Feltrinelli, Milano, IT, pp. 59-63.
- Gangemi, V. (2001), *Emergenza ambiente. Teorie e sperimentazioni della progettazione ambientale*, Clean, Napoli, IT.
- Leone, M. and Tersigni, E. (2018), *Progetto resiliente e adattamento climatico. Metodologie, soluzioni progettuali e tecnologie digitali*, Clean, Napoli, IT.
- Losasso, M. (2013), "Progettazione ambientale e caratteri della disciplina architettonica", in Rigillo, M. (ed.), *Oltre la siepe*, Editoriale Scientifica, Napoli, IT, pp. 237-241.
- Losasso, M. (2017), "Progettazione ambientale e progetto urbano", *Ecowebtown*, p. 16, available at: http://www.ecowebtown.it/n_16/pdf/16_02-losasso-it.pdf (accessed 20 January 2020)
- Lucarelli, M. T. and Rigillo, M. (2018), "Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 60-64.
- Padovani, L., Carrabba, P., and Mauro, F. E. (2003), "The ecosystemic approach. An innovative proposal for managing biodiversity and land use", *Energia, Ambiente e Innovazione*, available at: https://www.researchgate.net/profile/Paola_Carrabba/publication/238775086_L'approccio_ecosistemico_una_proposta_innovativa_per_la_gestione_della_biodiversita_e_del_territorio/links/58734c0b08aebf17d3af6083/Lapproccio-ecosistemico-una-proposta-innovativa-per-la-gestione-della-biodiversita-e-del-territorio.pdf (accessed 6 April 2020)
- Rigillo, M. (2016), "Infrastrutture Verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol.11, pp. 59-65.
- Tucci, F. (2009), *Tecnologia e natura. Gli insegnamenti del mondo natural per il progetto dell'architettura bioclimatica*, Alinea, Firenze, IT.

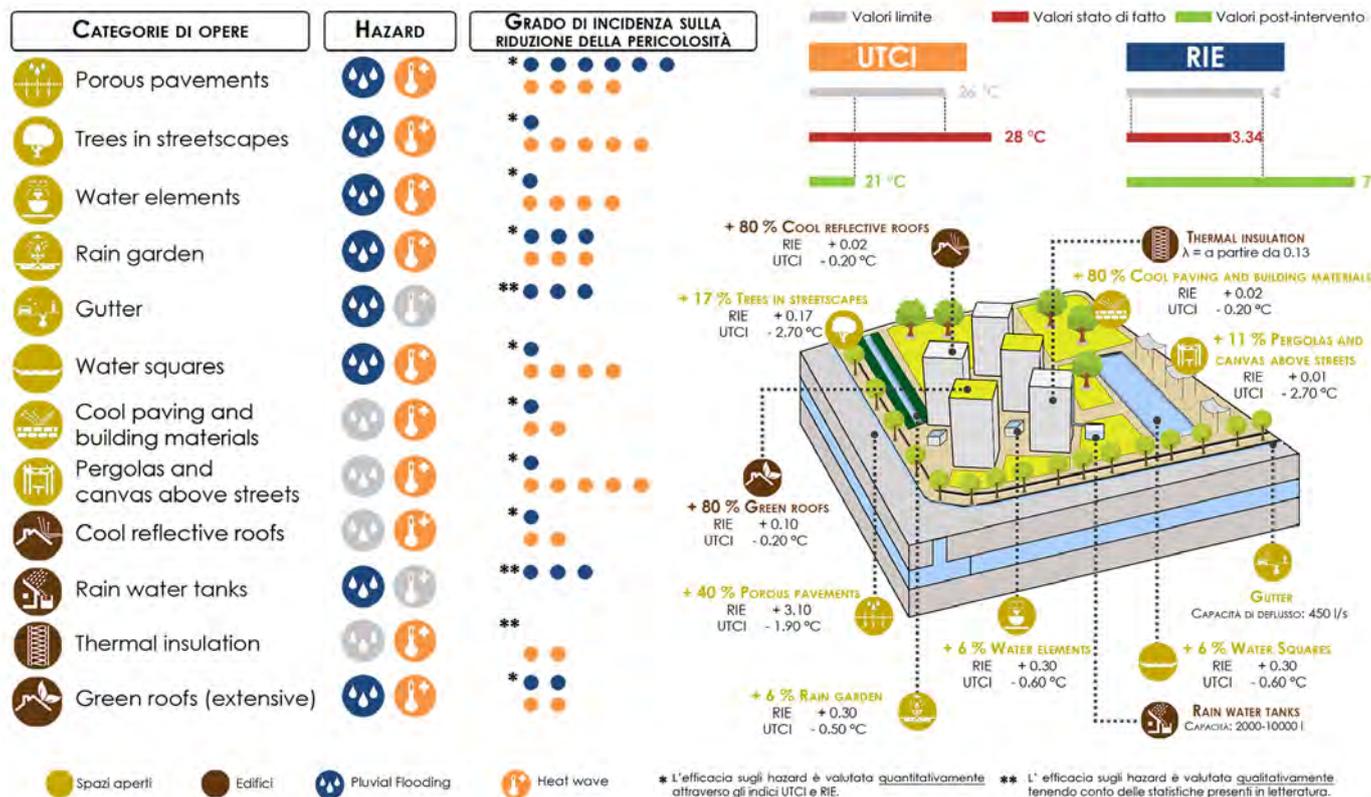


Fig. 3

Fig. 1 - Ponticelli - Comparto PSER realizzato nell'ambito del Programma Straordinario nel quartiere 167 di Ponticelli, vista da Via Martiri della Libertà. Fonte: Verde, S., 2018

Fig. 2 - Caso applicativo di Ponticelli, Napoli - Analisi ambientali rispetto agli indicatori run off, albedo ed emissività per l'individuazione delle aree più vulnerabili rispetto agli hazard di heat wave e pluvial flooding elaborate con strumenti GIS based. Fonte: Verde, S., 2019

Fig. 3 - Caso applicativo di Ponticelli, Napoli - Valutazione delle prestazioni dello spazio pubblico in seguito all'applicazione di soluzioni climate-adaptive rispetto agli indici RIE e UTCI elaborata con Grasshopper e i plugins open source Ladybug e Honeybee. Fonte: Verde, S., 2019

IL RUOLO DELLO SPAZIO APERTO NEL QUARTIERE DI EDILIZIA PUBBLICA RESIDENZIALE A NAPOLI UNA LETTURA ECO-SISTEMICA DEL PROGETTO

Ivana Coletta¹, Federica Dell'Acqua²

Abstract

Il contributo, attraverso una metodologia analitica condotta con l'ausilio di software simulativi, intende indagare l'evoluzione dell'approccio eco-sistemico al progetto nei quartieri di edilizia pubblica residenziale a Napoli e analizzare il loro specifico rapporto con l'ambiente. Attraverso l'analisi del caso studio, il contributo elabora una lettura dello spazio aperto finalizzata all'individuazione delle prestazioni ambientali potenzialmente alla base delle strategie di rigenerazione delle periferie.

Keywords: Approccio eco-sistemico, Riqualificazione delle periferie, Spazio aperto

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, ivana.coletta@unina.it

² DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, federica.dellacqua@unina.it



Fig. 1

Inquadramento tematico

La lunga stagione delle politiche tecniche e urbane che, dal secondo dopoguerra e fino agli anni '80, ha dato forma all'espansione della città, ha segnato l'immagine delle periferie nelle realtà urbane italiane fondata sulla ripetizione e su una razionalità spesso tipicamente produttiva. Questi luoghi si presentano come un "catalogo" di quartieri residenziali, monofunzionali, caratterizzati da condizioni di marginalità sociale e spesso associati al degrado ambientale oltre che edilizio.

Con l'intenzione di soddisfare il bisogno dell'alloggio per tutti, in quello che ha rappresentato un "laboratorio di modernità" (Di Biagi, 2001) e di sperimentazione, nei quartieri della periferia emergono limiti endemici che vanno dalle carenze infrastrutturali alle condizioni di marginalità e ad una realizzazione spesso distante dalle previsioni di progetto che ne hanno spesso inficiato le potenzialità.

L'emergere di nuove esigenze, legate al benessere individuale, all'affermazione del benessere collettivo e alle relative soglie minime, necessario nella contemporaneità per riqualificare quartieri anche di grande qualità autoriale, sottendono un processo genetico che è spesso avvenuto in una condizione di scarsità di risorse e di deficit di processo edilizio. Si definisce, inoltre, l'esigenza di tutela ecosistemica dell'ambiente, «sostenuta dalle ricerche sull'impatto ambientale e dalle tematiche di carattere ecologico» (Gangemi, 1988, p. 58).

In questo contesto emergono le questioni ambientali nell'interazione con l'architettura, sviluppate all'interno dei rinnovati termini del dibattito sul rapporto uomo-ambiente e uomo-natura. Oggi al tema del benessere, le cui condizioni risultano precarie in molte realtà delle periferie urbane, si aggiungono gli effetti del cambiamento climatico ad incidere sulla complessiva sicurezza ambientale. Ciò accresce l'importanza di fornire un contributo ad una inversione di tendenza al degrado ambientale nei contesti periferici, perseguendo lo stesso approccio sperimentale che nel tempo ha caratterizzato la città pubblica.

In numerosi quartieri delle periferie delle città italiane, prevalentemente concepiti tra gli anni '50 e inizio degli anni '80, si può rinvenire, alla base della concezione progettuale, una programmatica sensibilità ambientale che si fondava sulla cultura degli *environmental studies*. In tali interventi emergevano la consapevolezza dei limiti delle risorse e i principi di scelte tecnologiche appropriate per l'ambiente. Nella ri-lettura di numerosi temi ambientali presenti in quartieri dell'epoca, va considerato un approccio eco-sistemico per un suo aggiornamento alle condizioni di criticità climatica che oggi si sovrappongono a quelle di tipo edilizio e socioeconomico.

Nella sfida disciplinare per il rilancio delle realtà periferiche, l'approccio EbA – *Ecosystems based Adaptation* può evidenziare le potenzialità insite negli interventi e individuare le opportunità di generare valore producendo benefici multipli di tipo non solo ambientale, ma anche sociale, culturale ed economico. Un approccio di tipo EbA, incentrato sull'uso del capitale naturale per adattarsi agli impatti del cambiamento climatico mettendo a sistema *climate change*, biodiversità e gestione delle risorse (Naumann et al., 2011), si pone ancora più necessario nei contesti affetti dal degrado dove il decadimento prestazionale degli ecosistemi avviene velocemente con un corrispondente aumento delle condizioni di vulnerabilità ambientale.

Emerge l'importanza di applicare misure di contrasto al cambiamento climatico e di attuare modificazioni degli assetti spaziali dei tessuti urbani, mentre si rendono necessarie letture e risposte in chiave ecosistemica per individuare le vulnerabilità, le strategie di adattamento climatico e di incremento dell'efficienza ecologica a partire dalle potenzialità offerte dall'intervento sugli spazi aperti. Questi rappresentano una rete dotata di efficienza ecosistemica e, mettendo in evidenza il rapporto costruito-inedito nella città, sono in grado di determinare sistemi di relazioni individui, comunità, natura (Zucchi, 2011).

Metodologia

Ciò che contraddistingue in modo evidente le periferie pubbliche è l'articolazione e il disegno dello spazio aperto, riconosciuto nel progetto quale elemento unificatore dei quartieri residenziali (Di Biagi, 2001). Indagare il ruolo che oggi ha lo spazio non edificato, significa comprenderne la complessità e considerarlo alla luce dei cambiamenti in atto. In quest'ottica, l'intervento su questi spazi consente lo sviluppo di strategie ed azioni che prendono in considerazione aspetti percettivi, estetici, identitari, ma anche di carattere programmatico, processuale, multiscale e temporale (Giofrè, 2018). A complemento di questi, una lettura prestazionale di tali spazi, elaborata attraverso il contributo degli strumenti digitali, permette di evidenziarne l'efficacia eco-sistemica. Una lettura prestazionale di tali spazi, elaborata attraverso il contributo degli strumenti digitali, permette di evidenziarne l'efficacia eco-sistemica. In un contesto in cui ci si trova a progettare in stretta relazione con l'incertezza, la componente immateriale dello strumento informatico consente di guidare il "materiale" e il "visibile" del processo e di rendere reversibile l'irreversibile (Dierna, 1994).

La componente digitale, infatti, si configura come strumento conoscitivo del sistema urbano, permette di individuare criticità tecnico-prestazionali e di elaborare proiezioni descrittive delle prestazioni in scenari climatici futuri, indirizzando le azioni di contrasto agli impatti sull'ambiente costruito al fine di rispondere adeguatamente alle sfide poste dai cambiamenti climatici. La messa a punto di tali strategie è alla base del lavoro di ricerca "PER_CENT Periferie al centro"¹ in corso presso il DiARC, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

A partire dallo studio delle criticità delle aree periferiche nell'area metropolitana della città di Napoli, la ricerca indaga i fenomeni di destrutturazione urbana e di dispersione residenziale, al fine di definire processi di riqualificazione focalizzati sulla riduzione della vulnerabilità dei luoghi, attraverso azioni di adattamento climatico e mitigazione degli impatti ambientali.

Il contributo relativo alla componente di carattere tecnologico e ambientale all'interno di un approccio integrato e multidisciplinare, è sviluppato attraverso una metodologia analitica e intende indagare le caratteristiche di un approccio eco-sistemico al progetto nei quartieri di edilizia pubblica residenziale a Napoli, analizzandone il loro specifico rapporto con l'ambiente. Attraverso i casi studio, il contributo elabora una lettura del sistema degli spazi aperti finalizzata all'individuazione delle prestazioni ambientali su cui basare strategie di rigenerazione delle periferie.

1 La ricerca di Ateneo "PER_CENT Periferie al centro" è svolta presso il DiARC nel periodo 2019-2022. Coordinatore generale: prof. Mario Losasso; coordinamento di settore: prof. Renato Capozzi per gli aspetti della Progettazione architettonica; prof. Alessandro Claudi de Saint Mihiel per gli aspetti della Progettazione tecnologica; prof. Valeria D'Ambrosio per gli aspetti della Progettazione ambientale. La ricerca è focalizzata sull'area metropolitana della città di Napoli. La ricerca è finalizzata a mettere a punto modalità progettuali di dimensione interscale e multidisciplinare per la città contemporanea nella sua estensione metropolitana, in aree esterne o liminari alla città consolidata.



Fig. 2

Criteria di individuazione del caso studio

Nell'ambito della ricerca è stato effettuato uno studio su alcuni dei quartieri che hanno costruito la periferia di Napoli, significativi in quanto concepiti e realizzati come complessi insediativi autonomi. Su di essi sono state fatte considerazioni attraverso un complesso raffronto con le politiche abitative alla base della nascita di tali quartieri, con i principi insediativi, con le tecniche costruttive e con le caratteristiche del processo edilizio. Sono emerse inoltre valutazioni riguardanti i rapporti dimensionali e morfologici tra costruito e spazi non edificati, mostrando come alcuni progetti fossero stati concepiti considerando la cultura della componente ambientale della progettazione come un importante elemento qualificante.

Sulla base di tali considerazioni, la ricerca ha individuato uno specifico focus sui quartieri Loggetta, Soccavo-Canzanella, Rione Traiano, le Vele di Scampia e sulla parte di nuova edificazione del Comparto 9 del P.S.E.R.² a Napoli per il post sisma del 1980, realizzato a Ponticelli. Tali quartieri, rappresentano degli "habitat urbani" che all'origine declinano, pur nelle varie specificità, il rapporto con l'ambiente sia in relazione alle caratteristiche fisiche e geomorfologiche del luogo che agli spazi verdi di pertinenza o ai parchi pubblici realizzati come rilevanti attrezzature urbane associate all'insediamento.

Lo studio muove dall'esperienza della Loggetta, che valorizza le condizioni orografiche del sito conferendo all'insediamento una dimensione di quartiere-borgo, al quartiere Soccavo-Canzanella, dove il rapporto tra gli edifici e l'orografia viene affrontato attraverso la costruzione di terrazze-basamento, fino al caso di Rione Traiano nel quale viene sviluppato il tema del rapporto tra città e natura. Tali esempi esprimono differenti modalità di declinazione del rapporto con l'ambiente in cui si valorizzano gli spazi aperti nel loro ruolo ambientale e di luoghi per la condivisione e la socialità.

Con la comparsa del tema della grande dimensione, i complessi edilizi come le Vele di Scampia e il Comparto 9 del P.S.E.R. a Ponticelli a Napoli compiono un passaggio di scala relazionandosi con importanti parchi urbani che, da un certo punto di vista, ne costituiscono il complemento.

Il progetto delle Vele di Franz Di Salvo prevede infatti che i servizi a scala cittadina siano tutti concentrati in un'unica parte all'interno del quartiere, organizzati a parco pubblico, che serve linearmente tutte le unità residenziali. Sia la dimensione sia la distribuzione che caratterizzano l'insediamento residenziale e quello naturale del parco, sono così messi in stretta relazione.

Nella transizione dagli anni Settanta agli anni Ottanta, il re-

cupero delle periferie in Italia, fortemente interessate da un crescente disagio abitativo, è stato significativamente rappresentato dal P.S.E.R. – in quanto esperienza singolare per l'estensione dell'intervento alla scala territoriale e per la rapidità della messa in atto del programma con la quale si è cercato di far fronte alla carenza di alloggi e all'emergenza post terremoto. La nuova edificazione del Comparto 9 a Ponticelli del P.S.E.R., realizzato tra il 1981 e il 1986, rappresenta tra quelli selezionati un caso esemplificativo della periferia pubblica napoletana e delle maggiori criticità ad essa connesse (Fig. 2).

L'intervento ha avuto l'intento di rispondere al fabbisogno di abitazioni e servizi coniugando due differenti linee di azione: la realizzazione ex novo che ha caratterizzato la nuova espansione urbana e il recupero delle tracce storiche preesistenti del paesaggio agrario e degli antichi casali. Il Comparto 9 costituisce una sintesi di questi aspetti e si confronta sia con gli edifici storici del vecchio casale di Ponticelli, sia con il complesso edilizio di nuova costruzione sull'asse di via Franciosa. A determinare una connessione tra queste due parti di città è collocato il Parco De Simone, realizzato come quota parte di attrezzature, individuato come il principale potenziale ambientale di questo contesto urbano.

Il comparto, emblematico dell'edilizia industrializzata degli anni '80 con particolare riferimento ai "sistemi chiusi" della prefabbricazione pesante, mostra un'attenzione al ruolo degli spazi aperti, rappresentati nel progetto da corti inverdite e dalla presenza del Parco De Simone. Quest'ultimo ripropone il tema del ridisegno in senso ambientale degli spazi un tempo agricoli, configurandosi come elemento di misura e di relazione tra l'ex novo e le preesistenze storiche. La presenza del parco e dell'area a verde a nord-ovest della nuova edificazione esprimono l'attenzione per le tematiche ambientali e la volontà di riconoscere agli spazi aperti il loro essere necessario complemento al progetto.

Il ruolo delle scelte di carattere ambientale nelle progettazioni dei quartieri di edilizia residenziale fa riferimento a un'idea di città che considera consapevolmente l'interazione architettura/ambiente e che si è a più riprese affermata nella concezione di periferie più adeguate alla complessità del sistema urbano. Uno degli elementi sperimentali della ricerca è individuato nella lettura del parco e degli spazi di relazione del comparto P.S.E.R., attraverso simulazioni con il software ENVI-met. Queste permettono di connettere la risposta ai fenomeni climatici del tessuto edificato del quartiere, valutando le potenzialità degli spazi aperti in termini di efficacia nel contrasto al rischio climatico, operando una lettura critica del sistema edifici-spazi aperti finalizzata all'individuazione dei valori ambientali insiti nel progetto a partire dai quali fornire apporti qualificati alla proposta di strategie di rigenerazione delle periferie.

Il comparto 9 del P.S.E.R. a Ponticelli. Strumenti simulativi e analisi ambientali

La lettura morfologica del parco De Simone e della cortina edilizia che insiste su di esso è in grado di poter individuare gli spazi aperti potenzialmente suscettibili di interventi di adattamento climatico. A questa è possibile sovrapporre un'analisi ambientale effettuata con l'ausilio del software che restituisce in maniera quantitativa una mappatura delle condizioni di criticità climatica registrate nel periodo estivo in relazione agli effetti prodotti dall'ondata di calore.

Le simulazioni della temperatura al suolo effettuate sull'area in esame, nel mese di luglio e in regime di UHW (*Urban Heat*

Wave) (Fig. 3), evidenziano uno scenario critico in termini di vivibilità degli spazi aperti e di relativo *comfort outdoor* oltre che, indirettamente, per gli edifici circostanti.

Con riferimento alla Fig. 3, le aree caratterizzate da un valore di temperatura a suolo compresa tra 60°C e 64°C corrispondenti alle strade principali di collegamento del quartiere, risultano le più critiche sul piano del *comfort outdoor*. Nelle aree delle corti degli edifici storici, oggetto degli interventi di recupero del Programma Straordinario, e delle corti del Comparto 9 di nuova edificazione del P.S.E.R., le temperature si mantengono elevate in un range tra 52°C e 60°C. L'impatto dell'ondata di calore è percepibile anche nelle zone a verde del parco De Simone in cui si registrano temperature tra 36°C e 40°C. In particolare, si nota nelle sole zone caratterizzate dalla presenza di gruppi densi di alberature dalla chioma ampia, un beneficio in termini di riduzione delle temperature legato all'ombreggiamento, che le alberature presenti nel parco in posizione sparsa o isolata non offrono.

Con l'ausilio di immagini satellitari è possibile, inoltre, indagare lo stato dei luoghi attraverso un'osservazione speditiva. Osservando le immagini satellitari dell'area dal 2002 al 2019 (Fig. 4) è infatti visibile che nel periodo estivo lo strato vegetale di tipo prativo e arbustivo del parco subisce variazioni cromatiche dovute principalmente al maggiore irraggiamento solare, alla riduzione delle concentrazioni di umidità nell'aria e all'aumento dell'aridità del suolo. Ciò comporta una variazione del valore di riflessività (albedo) della superficie vegetale ed un conseguente decadimento delle prestazioni termiche ed evapotraspirative, con relativa riduzione dell'azione di mitigazione microclimatica ascritta alle aree verdi e il peggioramento delle condizioni di benessere ambientale.

Conclusioni

L'analisi mette in evidenza la componente ambientale di progetti consapevolmente concepiti secondo una interazione architettura – ambiente attraverso il contributo dello strumento

simulativo.

Dall'analisi ENVI-met della temperatura al suolo emerge che le corti necessitano di interventi di tipo *climate-proof* all'ondata di calore. Il livello di criticità, elevato (52°C-60°C) ma non massimo (60°C-64°C), è un parametro di individuazione di quegli spazi strategici suscettibili di interventi di miglioramento delle prestazioni di adattamento climatico ed eventualmente capaci di estendere il proprio beneficio sugli spazi contigui.

Il parco De Simone presenta prestazioni mitigazione microclimatica legate alla presenza di vegetazione, ma limitate al solo perimetro e comunque ridotte dalla presenza di alberature sparse. Inoltre, presenta nelle zone di confine con la cortina edilizia valori di temperatura critici. La sua posizione strategica, intermedia tra porzioni di tessuto urbano come emerso dalle considerazioni di tipo morfologico, induce a formulare proposte progettuali di *greening* delle corti che siano messe in rete con il parco, in grado di concorrere con l'efficacia ambientale circoscritta ad esso. Gli spazi verdi forniscono infatti «servizi di bilanciamento climatico» (Herberg and Kube, 2013, p. 258) e possono attenuare significativamente gli effetti dei fenomeni da *climate change* nei contesti urbani in base all'estensione, distribuzione, posizione e collegamento reciproco. A tal scopo un sistema o una rete di spazi verdi densamente strutturata può sortire effetti climatici positivi, apprezzabili a livello locale.

Lo strumento digitale simulativo permette così di operare scelte progettuali di *greening* in maniera critica, formulate sulla base di analisi quantitative e sovrapponibili alle indagini morfologiche, individuando le aree di intervento strategiche e suscettibili di messa in rete degli interventi.

References

- Belli, A. (2006), *Oltre la città. Pensare la periferia*, Edizioni Cronopio, Napoli, IT.
- Di Biagi, P. (2001), *La grande ricostruzione. Il piano Ina-Casa e l'Italia degli anni '50*, Donzelli editore, Roma, IT.
- Dierna, S. (1994), "Innovazione tecnologica e cultura ambientale", in La Creta



Fig. 3



Fig. 4

- R. and Truppi C. (ed.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano, IT, p. 31.
- Gangemi, V. (2001), *Architettura e tecnologia appropriata*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Gangemi, V. (2001), *Emergenza ambiente. Teorie e sperimentazioni della Progettazione Ambientale*, Clean, Napoli, IT.
- Gioffè, V. (2018), *Latent landscape. Interpretazioni, strategie, visioni, per la metropoli contemporanea*, LetteraVentidue Edizioni, Siracusa, IT.
- Herberg, A. and Kube, A. (2013), "Klimawandel und Städte: Naturschutz und Lebensqualität", in Essl, F. and Rabitsch, W., (ed.), *Biodiversität und Klimawandel*, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg, D, pp. 254-263.
- Naumann, S., Anzaldua, G., Berry, P., Burch, S., Davis M., Freluh-Larsen, A., Gerdes, H. and Sanders, M., (2011), "Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe". *Final report to the European Commission*, DG Environment, Ecologic Institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment, Oxford, UK.
- Zucchi, V. (2011), *La qualità ambientale dello spazio residenziale*, Franco Angeli, Milano, IT.

Fig. 01 - R. Dalisi, La nuova edificazione sul confine sud del nuovo parco (volo 1988); Il comparto P.S.E.R. di sostituzione e recupero sul confine settentrionale del nuovo parco. In alto via Argine (volo 1988); Veduta aerea del centro storico di Ponticelli da sud (volo 1988). Fonte: Napoli, Archivio Ufficio Straordinario Ricostruzione, Villa Letizia (Barra), in Pagano, L. (2001), *Periferie di Napoli. La geografia, il quartiere, l'edilizia pubblica*, Electa Napoli, Napoli.

Fig. 02 - Planimetria con indicazione delle destinazioni d'uso del comparto 9 P.S.E.R. a Ponticelli. Fonte: Notiziario 11/87 Napoli 1981- 1986 una città in trasformazione, p. 44.

Fig. 03 - Analisi della temperatura al suolo effettuate sull'area studio tramite software EnviMet. Credits: Tina Miccio

Fig. 04 - Immagini satellitari dell'area studio dal 2002 al 2019. Fonte: Google Earth

A SIMULATION STUDY OF THE DIRECT GREEN FAÇADES IN SEMI-ARID CLIMATE BY ENVI-MET

Ensiyeh Farrokhirad¹

Abstract

About 50% of the world population lives in urban areas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). However, their inhabitants consume 75% of the world's energy resources (Gago et al. 2013). Because of urban temperature; there is a need to mitigate the adverse effect of Urban Heat Island becomes more critical. With the growing importance of a sustainable environmental design approach, existing simulator engines are also expanding. In this study, to examine the thermal performance of the direct green façade in Tehran, we applied ENVI-met to predict Green Facade thermal behavior.

Keywords: Green facades, Digital simulation, Thermal behavior

¹ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, ensiyeh.farrokhi@yahoo.com

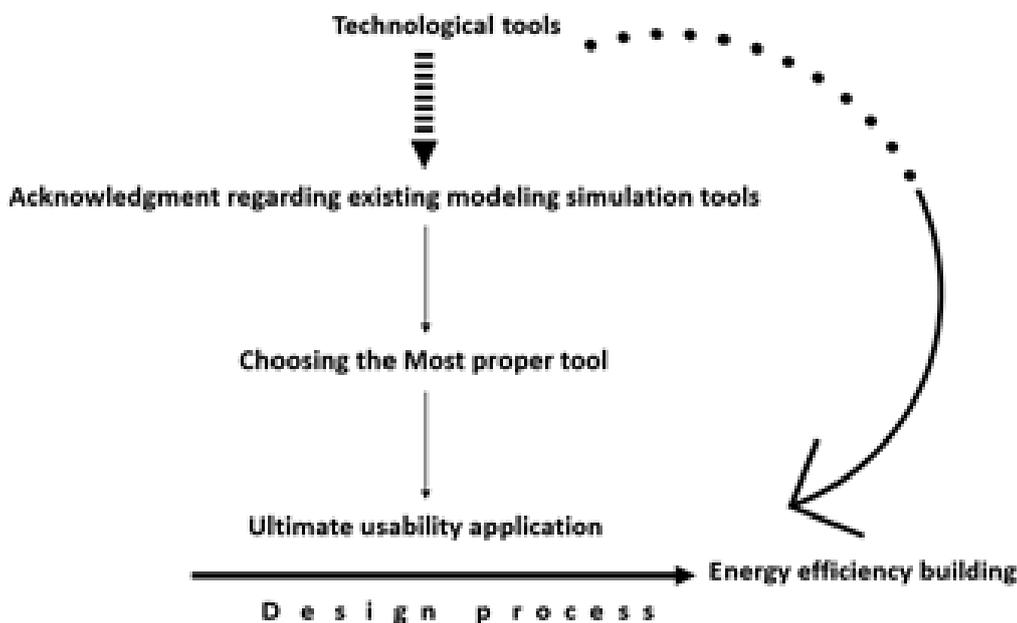


Fig. 1

Introduction

Based on data from the European Commission, buildings are responsible for approximately 40% of energy consumption and 36% of CO₂ emissions in the EU (European Commission. Energy efficiency building). The International Energy Agency (IEA) studied “Transition to Sustainable Buildings” emphasizes the necessity of implementing immediate priorities in buildings, such as high-performance building envelopes, high-efficiency equipment, and new strategies to address the energy consumption in this sector (Wang et al., 2018). In the last decade, vertical greening systems have been considered as a design technique to increase building thermal efficiency in terms of lowering the cooling load and demanding energy, particularly during the summer. Moreover, as more than 40% of the savings projected in Europe (EU) by 2050 attributed to changes in the building envelopes (Cao et al., 2016). The International Energy Agency (IEA) studied “Transition to Sustainable Buildings” emphasizes the necessity of implementing immediate priorities in buildings, such as high-performance building envelopes, high-efficiency equipment, and new strategies to address the energy consumption in this sector (Wang et al., 2018). Green façades and living walls are sustainable building design approach that is widely becoming important (Sheweka and Mohamed, 2012; Radić et al., 2019).

Generally, vertical greenery systems are classified into the two terms: green *façades* and living walls with subcategories. Although greenery is widely accepted as a passive tool to decrease energy consumption, various climatic factors and plant selections contribute to limitations to generalize the studies. Even during the initial design phase, designers need tools that respond to particular questions.

Technological priority of providing optimal design options is inevitable. Applying energy simulation technology in building design can be one of the most effective methods (Clarke, 2001). Therefore, understanding energy performance as a result of all aspects of the building design process is essential. There is much complexity involved in modeling and analyzing tools that can be somewhat effective (Hong et al., 2000). In this study, based on literature review most effective factors in the thermal performance of buildings extracted and then by ENVI-met software, various orientations will be compared. The effect of recent decades of climate change has enhanced air stability in Tehran. Human activities influence in the creation of heat islands (Saligheh, 2015).

Basic Concept of Building Digital Simulation, ENVI-met

Software simulation and modeling have been used over the last decade to provide an objective and thorough measurement of building materials' nature. Building energy simulation is thought

to be an effective, analytical tool for building energy analysis and architectural design assessment (Seth, 1989; Clarke, 1985) (Fig. 1).

Nowadays, there is various energy simulation software, each with its capabilities and limitations. Therefore, knowing the characterization of this software for modeling high-performance buildings, which depends on knowledge about the parameters of design and energy consumption in buildings. Each software designed for particular purposes appropriates software is then selected to achieve the desired results. One such tool is the ENVI-met, which is a three-dimensional climate model with a prognosis. The ENVI-met software provides a vegetation model that simulates evapotranspiration, CO₂ absorption, and leaf temperature based on the plant's photosynthetic rate. Actually, through using modeling software such as ENVI-met architect, energy efficiency can be enhanced in buildings by predicting the functionality of the system, taking into account active factors. ENVI-met can offer high-quality climatic simulations for modeling the area considering climate conditions, structures, and atmospheric processes (Huttner, 2012). ENVI-met is used to model the presence of ground, vegetation, building, and atmosphere. Hydrodynamics and thermodynamics are the core theories of Envi-met (Accero and Arrabalaga, 2018). It also involves 3D modeling, which allows the user to determine each feature's physical properties on the facades of the building (Huttner and Bruse, 2009). The surfaces, the heat, and mass exchange related to the soil surfaces and the water absorbed by the plant from the soil are also considered (Salata et al., 2016).

Green façades

In general, there are three kinds of Green *façades* (Gf); direct Gf or traditional, which directly attached to the wall surface and do not need supporter since clinging climbing plants adhere to the external walls through adventitious roots or self-adhesive pads. Indirect or double-skin Gf are referred to as double-skin green façades, including supporting systems such as stainless-steel cables, modular scaffold, or stainless-steel mesh to assist the upward growth of climbing plants by creating a second skin layer in the distance to the wall. Third perimeter flowerpots, when hanging shrubs, are planted around the building as a part of the composition of the façade to constitute a green curtain (Pérez et al., 2011) (Fig. 2).

Also, green façades are categorized according to the location of plants, which can either be placed directly into the soil or in soil-filled planter boxes. Moreover, green façades are based on the application of climbing or hanging plants along the wall. Plants can grow the vertical surface upwards, like traditional examples, or grow down the vertical surface if they are hanged at a certain height (Dunnett and Kingsbury, 2008). Direct Gf is the most common type due to low need maintenance, and easy to



Fig. 2

grow in most parts of the world and more economical.

Materials and methods

The study area of this research is located in west of Tehran. The case study is a 5-story residential building adjacent to Mansouri St. (main street). It was built 50 years ago with a cubic form. The outer wall consists of a 20 cm cement block with an insulation layer of 7 cm of foam filled. The exterior is also covered with concrete. The south façade includes small windows, but there is no opening in the east façade (Fig. 1). The soil of this area is sandy. Ivy (*Hedera helix*) selected as façade greening plants attached directly to the building surface and ground based. English Ivy (*Hedera helix*) is well grown ever-green climber (Perini et al., 2011), and the bioprotective properties of this plant are essential (Sternberg et al., 2010). In this study, three scenarios have been studied. In the first scenario or reference, the temperature of the wall’s outer surface without greenery is tested on the first of July from 8.00 am to 7.00 pm. In the second scenario, the entire southern façade is covered and tested with hydra helix, and in the third scenario, the entire eastern façade is wholly covered with hydra helix. Finally, thermal behavior is compared and analyzed. The purpose of the analysis was to determine the surface temperature in this residential building with plant-covered façades and to analyze the impact of different parameters on vegetated façade temperature including environmental patterns, climatic areas, façade orientation, style-of the wall assembly (Fig. 3).

Tehran has a semi-arid climatology averagely with a mean annual temperature of 17 °C and annual precipitation of 230 mm within 1950–2000 (Daneshvar et al., 2019). Under the Köppen Climate Classification climate classification, “dry-summer subtropical” climates are often referred to as “Mediterranean”. Meteorological data was collected from Iran’s Meteorological Organization (IRIMO, 2016). The average temperature for the year in Tehran is 64.0°F (17.8°C).

Components	Parameter	Scen.1,2,3
Outside wall surfaces	Material	concrete
	Thickness(m)	20 cm
	Insulation layer thickness	7 cm
Plant	Species	<i>Hedera helix</i>
	Thickness	3 cm
	LAI	1.50
	LAD	0.50
	height	0.25 meter

Tab. 1

Results and discussion

In this study, to reduce the error of research, the average temperature to analyze the effect of the green facade compared with the bare wall has been considered. Based on the analysis of the data obtained from the simulation of the southern and the eastern facades with the software ENVI-met. The southern wall covered with the *Hedera Helix* reaches 40.696 ° C, with a temperature difference of 2.769 °C. The temperature of the south wall reaches its highest level on average at 46.317 °C at 13:00. At 14:00-16:00, the temperature difference is about 2.00 °C degrees. At 19:00, there is no temperature difference. in the south facade, from 10:00 to 13:00, an average 3.00 °C decrease in surface temperature by the vegetated wall (Fig. 4, 5).

Conclusion

This study confirms that air cooling due to plant evapotrans-



Fig. 3

piration can be useful for the thermal efficiency of the façade, as it helps in reducing heat conductivity across exterior walls and thus build up cooling loads and space for energy use (Sadineeni et al., 2011) also in Tehran. The façade orientation plays a significant role in energy saving, that is demonstrated by the façade receiving a different amount of solar radiation based on the altitude, sun orientation and building site elevation (Susorova, 2015). A small temperature difference ($\Delta T_{\text{surface}} 1.2 \text{ }^\circ\text{C}$) is observed for the bare wall’s surface temperature compared with the east vegetated wall. While in south facades, it shows ($\Delta T_{\text{surface}} 3.00 \text{ }^\circ\text{C}$) temperature difference. It concludes that, vegetated walls can contribute to energy savings in buildings, but energy savings vary depending on environmental factors and the geometry and material construction (Kleerekoper et al., 2012). Vegetated walls can minimize building energy consumption and reduce the impact of urban heat islands.

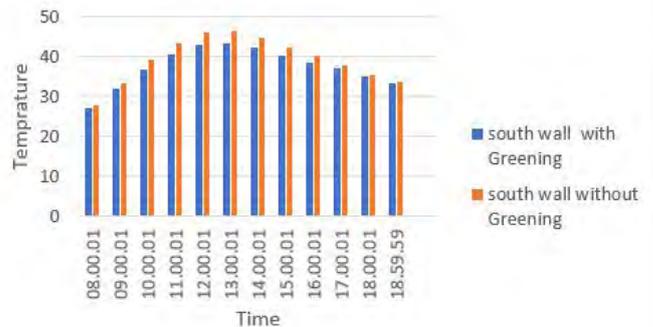


Fig. 4

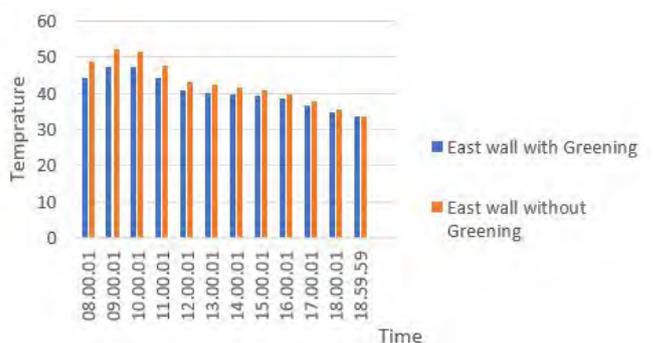


Fig. 5

References

- Acero, J. A., and Arrizabalaga, J. (2018), "Evaluating the performance of ENVI-met model in diurnal cycles for different meteorological conditions", *Theoretical and applied climatology*, vol. 131, pp. 455-469.
- Cao, X., Dai, X., and Liu, J. (2016), "Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade", *Energy and buildings*, vol. 128, pp. 198-213.
- Dunnnett, N., and Kingsbury, N. (2008), *Planting green roofs and living walls*, Timber press, Portland, USA.
- Huttner, S. and Bruse, M. (2009), "Numerical modeling of the urban climate—a preview", *ENVI-met 4.0*, proceedings of the 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, Yokohama, Japan, 29 June - 3 July 2009, p. 29.
- Ozkeresteci, I., Crewe, K., Brazel, A. J., and Bruse, M. (2003), "Use and evaluation of the ENVI-met model for environmental design and planning: an experiment on linear parks", proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa, pp. 10-16.
- Pérez, G., and Perini, K. (2018), *Nature based strategies for urban and building sustainability*, Butterworth-Heinemann, Berlin, D.
- Perez, G., Rincon, L., Vila, A., Gonzalez, J. M., and Cabeza, L. F. (2011), "Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings", *Applied energy*, vol. 88, pp. 4854-4859.
- Salata, F., Golasi, L., Vollaro, R. d. L. and Volarro, A. (2016), "Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data", *Sustainable Cities and Society*, vol. 81, pp. 318-343.
- Sheweka, S. M., and Mohamed, N. M. (2012), "Green facades as a new sustainable approach towards climate change", *Energy Procedia*, vol. 18, pp. 507-520.
- Susorova, I. (2015), "Green facades and living walls: vertical vegetation as a construction material to reduce building cooling loads", *Eco-Efficient Materials for Mitigating Building Cooling Needs*, vol. 34, pp. 127-153.

Fig. 1 - Design process of building energy simulation.

Fig. 2 - Examples of direct Green Facades from left to right in Germany, Italy and Iran.

Fig. 3 - Locations of the Green Facade analyzed.

Fig. 4 - Wall surface temperature in South façade with greening and without greening.

Fig. 5 - Wall surface temperature in East façade with greening and without greening.

Tab. 1 - Simulation details.

2

TECNOLOGIA E COSTRUZIONE DI UNA NUOVA CULTURA MATERIALE

Sergio Russo Ermolli¹

¹ DiARC-Department of Architecture, University of Naples Federico II, russermo@unina.it

La modifica di prospettiva determinata dalla inarrestabile e irreversibile diffusione delle tecnologie digitali nel settore AEC (Architecture, Engineering & Construction) porta necessariamente con sé una riflessione critica sulla cultura materiale e sulle nuove accezioni di materialità che coinvolgono il progetto di architettura. Già a partire degli anni Novanta, l'emergere del digitale portava con sé una idea di scenario nel quale la "fisicità" avrebbe finito per perdere qualsiasi rilevanza, lasciando aperto il campo esclusivamente a contenuti dematerializzati, costituiti unicamente da informazioni, trasferibili istantaneamente ovunque e a chiunque. Analoga enfasi veniva adoperata nei riguardi del progressivo fenomeno di "virtualizzazione" di materiali e prodotti, così come della crescente "rarefazione" della loro corporea fisicità. Al contrario, le nuove tecnologie digitali, nella loro graduale trasformazione del paesaggio materico intorno a noi, hanno finito per amplificare il rapporto con la materialità di prodotti e processi, agendo in una direzione di maggiore leggerezza, efficienza, interazione, personalizzazione.

In questo senso la materialità, arricchendosi sempre più di contenuti digitali, finisce per allontanarsi dall'essere destinataria *passiva* della forma, acquisendo un ruolo *attivo e generativo* nella progettazione della forma. In realtà, è possibile affermare che il fenomeno della digitalizzazione che ha investito la materia stia rendendo evidenti, persino comprensibili, alcune teorie della fisica moderna. Ad esempio, quando si afferma che la materia è costituita da forme *immateriali* e che queste, ad un livello invisibile, riescono a dare identità alla materia su scala visibile. Tali approcci sembrano quasi trovare una sorta di conferma nell'attuale panorama materico, dove è possibile costruire e programmare un materiale partendo proprio da forme immateriali, attraverso la stretta interazione tra chimica e design, microscala e macroscale. Le innovazioni avvenute nel campo delle scienze dei materiali e nelle strumentazioni digitali hanno determinato infatti un superamento di caratteristiche consolidate della produzione fisica, come inalterabilità,

prevedibilità e certezza, per aggiornarle con nuove potenzialità che ne modificano anche il suo significato, quali interazione, "intelligenza", trasformabilità e autonomia.

In uno scenario nel quale natura e artificio risultano combinate in maniera sempre più stretta, è possibile per la computazione digitale di "informare" il materiale con specifiche caratteristiche che ne determinano, in qualche modo, un comportamento naturale, biologico, responsivo e adattivo. Il contenuto "immateriale" inseribile all'interno di materiali e prodotti permette di individuare nuovi set di proprietà che vanno dalla programmabilità alla comunicabilità, dalla memorizzabilità alla tracciabilità. In primo luogo, infatti, microprocessori progressivamente più potenti ed efficienti rendono possibile incorporare funzionalità in prodotti non digitali, trasformandoli in artefatti programmabili in grado di eseguire ulteriori ed estensibili funzioni, che vanno oltre il loro scopo originale. L'utilizzo di dispositivi per l'identificazione e/o memorizzazione automatica di informazioni possono inoltre creare elementi materici individuabili in modo univoco all'interno di un'architettura informatica, permettendo l'inserimento di questi artefatti digitalizzati nell'infrastruttura IoT (Internet delle Cose). Non completamente separabile dal materiale stesso è anche il sensore, che può essere integrato in esso per renderlo "intelligente", ovvero capace di percepire e rispondere ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente nel quale è inserito e, quando collegato con micro-alimentatori e micro-antenne, di formare immense reti. Gli artefatti digitalizzati possono così interagire con altri artefatti, infrastrutture e utenti attraverso la possibilità di inviare e ricevere messaggi digitalizzati, generando nuove relazioni tra persone e prodotti. La maggior parte di questi artefatti digitalizzati può essere dotato anche di capacità di memoria, individuale o in rete, che li permette di "ricordare" il luogo in cui sono collocati, l'utilizzo che ne è stato fatto, i risultati delle interazioni, ecc., producendo in tal modo enormi quantità di tracce digitali relative a condizioni, movimenti e interazioni con altri oggetti o persone.

TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION OF A NEW MATERIAL CULTURE

The change of perspective brought about by the unstoppable and irreversible spread of digital technologies in the AEC (Architecture, Engineering & Construction) sector necessarily brings with it a critical reflection on material culture and new meanings of materiality that involve the architectural design. Already in the 1990s, the appearance of digital technology brought with it an idea of a scenario in which "physicality" would end up losing any relevance, leaving the field open exclusively to dematerialized content, consisting solely of information, instantly transferable anywhere and to anyone. Similar emphasis was placed on the progressive phenomenon of "virtualization" of materials and

products, as well as the increasing "rarefaction" of their corporeal physicality. On the contrary, new digital technologies, in their gradual transformation of the material scenery around us, have ended up amplifying the relationship with the materiality of products and processes, acting in a direction of greater lightness, efficiency, interaction, customization.

In this sense, materiality, becoming richer and richer in digital content, ends up moving away from being a *passive* recipient of form, acquiring an *active and generative* role in the design of form. In reality, it is possible to say that the phenomenon of digitization that has affected the matter is making evident, even understandable, some theories of modern physics. For example, when it is stated that matter is made up of *immaterial* forms and that these, at an invisible level, are able to give identity to matter on a visible scale. Such

approaches seem almost to find a sort of confirmation in the current material panorama, where it is possible to build and program a material starting from immaterial forms, through the close interaction between chemistry and design, micro-scale and macro-scale. Innovations in the field of materials science and digital tools have in fact led to the overcoming of consolidated characteristics of physical production, such as inalterability, predictability and certainty, in order to update them with new potentialities that also change their meaning, such as interaction, "intelligence", transformability and autonomy.

In a scenario in which nature and artifice are combined more and more closely, it is possible for digital computation to "inform" the material with specific characteristics that determine, in some way, a natural, biological, responsive and adaptive behavior. The "immaterial" content

that can be put inside materials and products allows to identify new sets of properties ranging from programmability to communicability, from memorability to traceability. First of all, in fact, progressively more powerful and efficient microprocessors make it possible to incorporate functionality into non-digital products, transforming them into programmable artifacts capable of performing additional and extensible functions that go beyond their original purpose. The use of devices for the identification and/or automatic storage of information can also create uniquely identifiable material elements within a computer architecture, allowing the inclusion of these digitized artifacts in the IoT (Internet of Things) infrastructure. Not completely separable from the material itself is also the sensor, which can be integrated into it to make it "intelligent", i.e. able to perceive and

E' possibile relazionare tale nuova accezione di materialità alla trasformazione dei processi produttivi che sono avvenuti negli ultimi anni, nella direzione di Industria 4.0 (ma anche della nuova frontiera di Industria 5.0) nella quale dati e materiali, progetto e fabbricazione si sovrappongono fin quasi a confondersi. Uno scenario, quindi, fatto di tecnologie di modellazione informativa interconnesse con processi di *digital fabrication*, di stampanti 3D collegate a software di sviluppo digitale, di realtà aumentata a supporto dei processi produttivi, di robot collaborativi rapidamente programmabili, di comunicazione multidirezionale tra processi progettuali, produttivi e prodotti, di gestione di Big Data su sistemi aperti. La combinazione di diverse *Key Innovative Technologies* (come nano e bio-tecnologie, sensoristica, Intelligenza Artificiale, IoT, realtà virtuale, visione artificiale, cloud e mobile), apre inoltre a sfide molto vicine, indirizzate a costruire soluzioni organizzative e produttive ancora più flessibili e interattive nei processi industriali, passando attraverso sistemi automatizzati interconnessi che auto-apprendono, recependo (*learning*) esperienza e conoscenze dell'operatore, in un rapporto sempre più simbiotico con l'uomo.

Il digitale entra in gioco anche in relazione alla crescente affermazione di un modello di R&D del tipo *Open*, che modifica quello più convenzionale di sviluppo dell'innovazione, nel quale i processi di ricerca e sviluppo, le politiche di proprietà intellettuale, le procedure realizzative e di commercializzazione dei prodotti sono tutte svolte esclusivamente all'interno dei confini dell'azienda. Nel modello di *Open Innovation*, al contrario, l'utilizzo di piattaforme di condivisione e scambio delle informazioni permette di "aprire" a sollecitazioni provenienti anche dall'esterno, come startup, università, istituti di ricerca, fornitori, inventori, programmatori e consulenti. La rete di interconnessione globale, in sinergia con l'Innovazione Tecnologica, finisce così per trasformarsi in un potentissimo strumento di R&D che sta cambiando il modo di intendere le attività produttive, in specie quelle più intellettuali, e di conseguenza il modo di organizzarsi delle grandi aziende strutturate e delle attività lavorative a più alto contenuto professionale.

Se la *cultura* digitale trasforma in profondità la *cultura*

respond to the changes that occur in the environment in which it is inserted and, when connected with micro-feeders and micro-antennas, to form immense networks. The digitized artifacts can thus interact with other artifacts, infrastructures and users through the possibility of sending and receiving digitized messages, generating new relationships between people and products. Most of these digitized artifacts can also be equipped with memory capacity, individual or networked, which allows them to "remember" the place where they are located, the use made of them, the results of interactions, etc., thus producing huge amounts of digital traces related to conditions, movements and interactions with other objects or people.

It is possible to relate this new meaning of materiality to the transformation of production processes that have occurred in recent years, in the direction of Industry 4.0 (but also the new frontier of Industry 5.0) in which data and materials, design and manufacturing overlap

almost to the point of confusion. A scenario, therefore, made of information modeling technologies interconnected with digital fabrication processes, 3D printers connected to digital software, augmented reality to support production processes, rapidly programmable collaborative robots, multidirectional communication between design, production and product processes, management of Big Data on open systems. The combination of different Key Innovative Technologies (such as nano and bio-technologies, sensors, Artificial Intelligence, IoT, virtual reality, artificial vision, cloud and mobile), also opens up to very close challenges, aimed at building even more flexible and interactive organizational and production solutions in industrial processes, passing through interconnected automated systems that self-learning, incorporating experience and knowledge of the operator, in an increasingly symbiotic relationship with man.

Digital also comes into play in

relation to the growing affirmation of an R&D model of the *Open* type, which modifies the more conventional model of innovation development, in which research and development processes, intellectual property policies, manufacturing and marketing procedures of products are all carried out exclusively within the company's boundaries. In the *Open Innovation* model, on the contrary, the use of information sharing allows to "open" to solicitations coming also from outside, such as startups, universities, research institutes, suppliers, inventors, programmers and consultants. The global interconnection network, in synergy with Technological Innovation, thus ends up becoming a very powerful R&D tool that is changing the way of understanding production activities, especially the more intellectual ones, and consequently the way of organizing large structured companies and work activities with higher professional content.

not only physically modifies the object that is produced, but above all the meaning that is attributed to it, it also invests the construction process. It can be interesting to observe this phenomenon within the AEC industrial sector, which has one of the lowest digitalization levels among all production sectors. In such context, the issue of the (new) building industrialization is in fact based on the double register of materiality and immateriality, in which terms such as Design for Manufacture & Assembly, Modern Method of Construction, Modular Building, Off Site Manufacturing, can be updated (or rethought) precisely because of the versatility ensured by the computability and flexibility of production systems. The perspective, already outlined since the initial phase of industrialization of the construction sector, to conceive the place of construction mainly as a place of assembly of parts made in the industry, rather than forming on site, is enriched with new aspects compared to the last century. The use of "lean"

L'obiettivo di individuare temi e questioni, all'interno del Convegno Internazionale, utili a riflettere sulle nuove dinamiche che si istaurano nel rapporto tra tecnologia e cultura materiale nell'era digitale, ha richiesto la specificazione di tre differenti focus di approfondimento: *Integrazione delle tecnologie digitali*

relation to the growing affirmation of an R&D model of the *Open* type, which modifies the more conventional model of innovation development, in which research and development processes, intellectual property policies, manufacturing and marketing procedures of products are all carried out exclusively within the company's boundaries. In the *Open Innovation* model, on the contrary, the use of information sharing allows to "open" to solicitations coming also from outside, such as startups, universities, research institutes, suppliers, inventors, programmers and consultants. The global interconnection network, in synergy with Technological Innovation, thus ends up becoming a very powerful R&D tool that is changing the way of understanding production activities, especially the more intellectual ones, and consequently the way of organizing large structured companies and work activities with higher professional content.

If digital *culture* profoundly transforms material *culture*, as it

not only physically modifies the object that is produced, but above all the meaning that is attributed to it, it also invests the construction process. It can be interesting to observe this phenomenon within the AEC industrial sector, which has one of the lowest digitalization levels among all production sectors. In such context, the issue of the (new) building industrialization is in fact based on the double register of materiality and immateriality, in which terms such as Design for Manufacture & Assembly, Modern Method of Construction, Modular Building, Off Site Manufacturing, can be updated (or rethought) precisely because of the versatility ensured by the computability and flexibility of production systems. The perspective, already outlined since the initial phase of industrialization of the construction sector, to conceive the place of construction mainly as a place of assembly of parts made in the industry, rather than forming on site, is enriched with new aspects compared to the last century. The use of "lean"

nel rapporto tra il progetto, la produzione, il prodotto e il ciclo di vita; Innovazione dei sistemi produttivi per l'offerta di soluzioni diversificate in rapporto alle specificità fisiche e culturali dei luoghi e degli utilizzatori; e, infine, Scenari collaborativi per la produzione eco-orientata finalizzati al raggiungimento di obiettivi di innovazione socio-technica. In tutti gli ambiti è possibile riconoscere connessioni multidimensionali sul modo di pensare e fare architettura, che possono essere messe in relazione alla ridefinizione delle reciproche relazioni tra i principali protagonisti del processo edilizio: progettisti, aziende e imprese. Dapprima lentamente, poi in maniera quanto mai rapida, le nuove tecnologie digitali hanno infatti determinato una sempre più stretta correlazione tra la fase decisionale e quella realizzativa, assicurando una diretta interconnessione tra il progetto, elaborato all'interno di un ecosistema computazionale, la produzione in officina e l'assemblaggio delle parti in cantiere. La condivisione di "linguaggi" digitali comuni tra progettisti, produttori e costruttori, soprattutto sul tema della materialità dell'architettura, ha permesso di ristrutturare le metodologie e le gerarchie del progetto, passando da una processualità caratterizzata da una notevole autonomia, nella quale ruoli, competenze e responsabilità venivano definite con particolare precisione, ad una basata su flussi di lavoro condivisi e collaborativi, nella quale i confini disciplinari e operativi tendono a confondersi e a sovrapporsi. Lo storico ruolo del progettista come autore unico, ad esempio, viene sostituito da flussi progettuali semi-autonomi a guida algoritmica, ancorati in profondità in infrastrutture collettive di comunicazione digitale. Ciò ha determinato l'esigenza, se non l'urgenza, da parte della disciplina dell'architettura, in tutte le sue componenti, di avviare un profondo ripensamento di teorie, metodi, ruoli e oneri, allo scopo di affrontare, al netto delle posizioni di estrema retroguardia, opportunità e rischi di questa inevitabile trasformazione con la maggiore consapevolezza critica possibile.

Nel momento in cui l'informazione progettuale diventa sempre più virtuale ma, allo stesso tempo, sempre più integrata con la materialità, e gli scambi tra intuizione e conoscenza diventano più interconnessi con le metodologie esecutive e produttive, diventa più difficile per l'architettura rimanere separata dalla fisicità della costruzione. Sicuramente le architetture non sono

production systems, automation and robotics, enabled by the possibility to operate in real time and remotely, thanks to interconnection protocols, allows to overcome the typical limits of prefabricated production: repetitiveness, low formal, technological and performance quality, economy of scale, etc. The real novelty is not so much (or not only) in the new off-site "product", but rather in the soft contents that structure the new production-construction processes. The most innovative contents in this area include the use of industrial digital platforms able to support a range of modular prefabricated solutions, suitable for diversified types (mass customization); the synchronized management of a supply chain of plants located in the cloud and connected in real time to the final customer; the development of decisional processes based on artificial intelligence that seek to reduce the number of transactions and ensure greater consistency of design to the needs of production, logistics and assembly.

The objective of identifying themes and issues, within the International Conference, useful to reflect on the new dynamics established in the relationship between technology and material culture in the digital age, required the specification of three different focuses: *Integration of digital technologies in the relationship between design, production, product, life cycle*; *Innovation of production systems to offer diversified solutions in relation to the physical and cultural specificities of places and users*; and, finally, *Collaborative scenarios for eco-oriented production, aimed at achieving socio-technical innovation goals*. In all areas it is possible to recognize multidimensional connections on the way of *thinking and doing* architecture, which can be put in relation to the redefinition of mutual relations between the main protagonists of the building process: designers, industries and contractors.

At first slowly, then very quickly, the new digital technologies have in fact determined an increasingly close

mai interamente l'esito di decisioni trasparenti e razionali, ma contengono sempre elementi di indeterminazione, incoerenza e dubbio. Nel momento in cui flussi digitali integrati permettono però di relazionarsi in maniera più diretta con la dimensione materiale dell'architettura, ciò non può rappresentare una *diminutio*, ma solo un'importante opportunità di confronto con la dimensione aperta e creativa del progetto di architettura.

References

- Arrighi, S. (2017), "Il nuovo materialismo", in Nebuloni, A. & Rossi, A., *Codice e progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, materiali e nuove tecnologie*, Mimesis, Milano/Udine.
- Carpò, M. (2017), *The Second Digital Turn. Design beyond intelligence*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Caruso, I., Giambattista, A. and Migliore, E. (2014), "Distopie digitali. Scenari progettuali di atipicità tecnologica", in *Quaderni Planning Design Technology*, n. 3.
- Chesbrough, H. (2003), *Open Innovation. The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press.
- Deutsch, R. (2015), *Data-Driven Design and Construction. 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data*, John Wiley, New Jersey.
- Floridi, L. (2014), *The Fourth Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, OUP Oxford (trad. it. *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Raffaello Cortina, Milano, 2017).
- Flusser, V. (1985), *Ins Universum der technischen Bilder*, European Photography, Göttingen (trad. it. *Immagini. Come la tecnologia ha cambiato la nostra percezione del mondo*, Fazi, Roma, 2009).
- Kline, S. and Rosenberg, N. (1986), "An Overview of Innovation", in Landau, R., Rosenberg, N. (eds), *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*, National Academy Press, Washington D.C.
- Migliore, E. (2015), "Digital Materials. La nuova materialità biologicamente digitale", *Digicult*, available at: <http://digicult.it/it/author/enzia-migliore/> (Accessed 10 April 2019).
- Picon, F. (2018), *La matérialité de l'architecture*, Parenthèses, Paris.
- Sennet, R. (2008), *The Craftsman*, Yale University Press, New Haven (trad. it. *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano, 2008).

correlation between the decision-making and the construction phase, ensuring a direct interconnection between the design, developed within a computational ecosystem, the production in industry and the assembly of parts on site. The sharing of common digital "languages" between designers, manufacturers and builders, especially on the issue of the architecture materiality, has allowed to restructure the methodologies and hierarchies of the design, moving from a process characterized by a considerable autonomy, in which roles, skills and responsibilities were defined with particular precision, to one based on shared and collaborative workflows, in which the disciplinary and operational boundaries tend to blur and overlap. The historical role of the designer as sole author, for example, is replaced by semi-autonomous algorithmically guided design flows, deeply embedded in collective digital communication infrastructures. This has determined the need, if not the urgency, for the architecture discipline, in all its components, to

start a profound rethinking of theories, methods, roles and burdens, in order to address, net of extreme rearward positions, opportunities and risks of this inevitable transformation with the greatest possible critical awareness.

As design information becomes more and more virtual but, at the same time, more and more integrated with materiality, and the exchanges between intuition and knowledge become more interconnected with construction and productive methodologies, it becomes more difficult for architecture to remain separated from the physicality of construction. Surely architectures are never entirely the result of transparent and rational decisions, but they always contain elements of indeterminacy, inconsistency and doubt. However, when integrated digital flows allow to relate more directly with the material dimension of architecture, this cannot represent a *diminutio*, but only an important opportunity for comparison with the open and creative dimension of the architectural design.

2.a Integration of digital technologies in the relationship between design, production, product, life cycle

2.b Innovation of production systems to offer diversified solutions in relation to the physical and cultural specificities of places and users

2.c Collaborative scenarios for eco-oriented production, aimed at achieving socio-technical innovation goals

2.a Integrazione delle tecnologie digitali nel rapporto tra il progetto, la produzione, il prodotto e il ciclo di vita

2.b Innovazione dei sistemi produttivi per l'offerta di soluzioni diversificate in rapporto alle specificità fisiche e culturali dei luoghi e degli utilizzatori

2.c Scenari collaborativi per la produzione eco-orientata finalizzati al raggiungimento di obiettivi di innovazione socio-tecnica

2.a

DESIGN E SURROGAZIONE RELAZIONALE

Ivo Caruso¹

Abstract

La ricerca discute l'applicazione dell'intelligenza artificiale al product design funzionale a proporre artefatti capaci di "alimentarsi" tramite l'interazione con gli umani e restituire loro segnali emotivi. Il tema ha un impatto controverso nelle società contemporanee e presenta importanti questioni aperte sotto i profili psicologico, etico, culturale e normativo. Per la cultura del design nasce quindi un'urgenza nel comprenderne e guidarne gli sviluppi e le potenzialità di dialogo ed adozione nelle pratiche sociali di una post-umanità sempre più ibrida e inscindibile da tali tecnologie.

Keywords: Emotional design, Animismo tecnologico, Sensing technologies, Intelligenza artificiale, Roboetica

¹ Facoltà di Architettura, Sapienza Università di Roma, ivo.caruso@uniroma1.it

Sensing technologies: da protesi a "nuova ecologia relazionale"

Oggi viviamo in una società in cui fatalmente convivono iperconnessione e solitudine, libertà e nuove dipendenze, esposizione mediatica e crisi sociali, universalità e privacy. Una rivoluzione "cerebrale", veloce e profonda, oramai pienamente avverata, che ha generato «una evidente mutazione dei comportamenti degli umani e nei loro movimenti mentali» (Baricco, 2018). Questa condizione ci mette di fronte ad una vera e propria trasformazione della specie in «un'unità evolutiva profondamente nuova, un'entità organica mentale, corporea, psicologica, sociale e culturale senza precedenti: l'*homo technologicus*» (Longo, 2001). Un post-umanesimo quindi caratterizzato da un'inedita condizione di equilibrio tra il reale ed il virtuale, tra l'analogico e il digitale, in un ormai normale processo di ibridazioni e sovrapposizioni di livelli dialogici. La potenza della rivoluzione digitale, quindi, può essere riconosciuta nel fatto che una tecnologia è riuscita a mutare la sua stessa natura, trasformandosi da "protesi per la comunicazione tra umani" a "nuova ecologia relazionale". Si rende così possibile la nascita di nuove entità tecnologiche capaci di imparare (mediante algoritmi ad apprendimento automatico del tipo *deep learning*), acquisire sensibilità complesse, allenare ed implementare la propria responsabilità, e così emanciparsi dal ruolo di medium per assumere la funzione sostanziale dell'oggetto della relazione. Si realizza così l'intuizione di L. Quéré che nel 1992 scrive:

«come giungiamo a ibridare gli oggetti tecnici da una parte, e dall'altra le pratiche sociali, le credenze, i valori, le norme [...], si può arrivare alla tesi che gli oggetti sono provvisti di un'interiorità (totalmente indipendente dal funzionamento operativo che definisce l'oggetto tecnico) derivante dalla loro incorporazione nelle nostre pratiche sociali e dal radicarsi in essi delle nostre capacità, dei nostri usi e dei sistemi simbolici che mediano le nostre pratiche» (Quéré, 1992, p. 31).

Progettare modelli di relazioni tra uomo e tecnologie

In questo scenario l'uomo e gli artefatti tecnologici con solo collaborano e coesistono, ma tra loro "socializzano" e, quindi, instaurano relazioni affettive. In realtà, proprio per la sua atavica natura sociale, l'uomo ha un vitale bisogno di instaurare rapporti solidali, collaborativi, empatici, amichevoli, affettivi, dialogici. Lo fa da sempre con i propri simili, ma anche con i luoghi, con gli elementi naturali, con gli animali, con entità immateriali (di-

vinità) e con gli oggetti. Nel 2001 Eleonora Fiorani, parlando degli oggetti rituali nelle società arcaiche, scrive:

«In origine le cose possedevano personalità e virtù proprie, potere e magia. Non erano esseri inerti, "oggetti", distinti e "posti contro" rispetto ad un soggetto, ma avevano un nome e una propria "anima". [...] L'incantamento è certamente un aspetto decisivo del feticcio, ma non è il solo, è l'animarsi della cosa che ci ammalia e ci turba» (Fiorani, 2001, pp. 12-21).

John Maeda pubblica nel 2006 il saggio "Laws of Simplicity" nel quale definisce categorie e metodologie per il riconoscimento e l'adozione di modelli progettuali di semplificazione. In questa operazione di "snellimento" della complessità, l'autore dichiara che vi sono due caratteri da non dover ridurre o sacrificare: il senso del valore e l'emozione. Quello delle emozioni contenute negli oggetti è uno "strato di significato ulteriore". Si riporta a tal riguardo l'esempio della diffusione, a partire dagli anni '80, dell'uso degli *smiley*.

«Lo smiley [...] induce il familiare reclinare della testa verso sinistra e rileva un leggero tocco di emozione visuale. [...] Gli smiley si sono evoluti come mezzo per attenuare e alleggerire la conversazione testuale senza l'aiuto delle espressioni facciali che i parlanti usano per indicare che "stanno solo scherzando"» (Maeda, 2006, pp. 89-99).

È possibile quindi ritenere gli *smiley* un fenomeno, inizialmente spontaneo, che svela nelle comunicazioni testuali digitali una umana necessità di "calore", di un supporto metacomunicativo capace di conferire un senso di rassicurazione e complicità tra i dialoganti. Altri casi studio citati da Maeda sono il Tamagotchi degli anni Novanta e i più recenti Neopets. Esseri digitali che dimostrano il godimento umano di amare, di nutrire, di allevare, di prendersi cura di qualcosa o qualcuno. E a questo "qualcosa" è richiesto di dimostrare l'esistenza del suo "spirito vitale" – non morendo e, magari, crescendo – e di rispondere al nostro amore con fusa, scodinzolii, sorrisi, comprensione, fedeltà.

Pratiche di design per le "tecnologie da compagnia"

L'amore ricambiato restituisce alle persone un senso di stupore, di ebbrezza, di benessere. Si pensi ad esempio al cane-robot Aibo prodotto da Sony a partire dal 1999 ed esplicitamente ideato per "fare compagnia". Il cagnolino meccanico è in grado di percepire suoni e rumori, vedere e muoversi in modo autonomo, ispezionare e memorizzare l'ambiente circostante e riconoscere i comandi vocali impartitigli dal proprietario. Nel 2018 viene presentata la sesta versione aggiornata del prodotto capace di

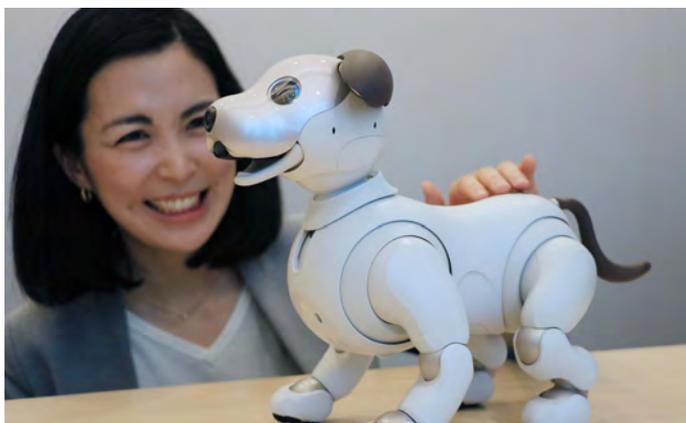


Fig. 1

muoversi in modo ancor più fluido grazie a ventidue punti di articolazione e alla microcamera di orientamento posizionata sul naso e, soprattutto, capace di reagire alle carezze umane grazie al fatto che tutta la superficie del corpo è sensibile al tocco. Rispetto alle forme più antiche di animismo, negli scenari contemporanei l'elemento di novità sta nel fatto che gli sviluppi tecnologici permettono agli oggetti di essere dotati di un tale livello di sofisticatezza tecnologica che si rende possibile imitare sempre più fedelmente caratteri che fino a pochi anni fa erano detenuti solo dagli esseri viventi. I "cervelli digitali" di questi oggetti sono gestiti da "reti neurali artificiali" capaci di apprendere e generalizzare le conoscenze acquisite per prevedere situazioni nuove. Una carezza, un'espressione facciale o il tono della voce possono diventare quindi preziosi segnali emotivi, più o meno consci da parte dell'uomo, che i robot carpiscono e traducono in *output* che ci fanno sembrare le macchine capaci di un certo livello di autodeterminazione (Fig. 1).

Ciò porta a considerare la possibilità di una nuova forma di "animismo attivo" delle tecnologie e degli artefatti. Pascale Fung, professoressa di elettronica ed informatica alla Hong Kong University of Science and Technology e ricercatrice nel campo delle interazioni tra esseri umani e macchine, nel 2016 così descrive i robot del futuro: «caldi e amichevoli, penseranno in anticipo ai nostri bisogni materiali ed emotivi. Impareranno dalle interazioni con gli esseri umani. Ci renderanno migliore la vita e ci faranno diventare più efficienti nel lavoro. Si scuseranno per i loro errori e chiederanno il nostro permesso prima di fare le cose. Si prenderanno cura degli anziani e insegneranno ai bambini e potrebbero persino salvarci la vita in situazioni critiche, sacrificando sé stessi, il culmine assoluto dell'empatia».

L'umanoide Pepper, sviluppato dalla società francese Aldebaran Robotics e messo in commercio dalla Softbank Robotics, può essere definito il primo "social robot". Non è progettato per essere un maggiordomo o un qualsivoglia assistente domestico capace di svolgere mansioni fisiche specifiche; ma è capace di conversare, comprendere e reagire alle emozioni, muoversi autonomamente, riconoscere le voci (Fig. 2).

A partire dal giugno 2015 se ne producono 1000 esemplari al mese destinati ad ora unicamente al mercato giapponese. E dal 2015 ogni lotto si esaurisce in un tempo inferiore al minuto. Oltre che in ambito domestico, Pepper è stato impiegato come assistente alle vendite, strumento di marketing, addetto all'accoglienza in hotel, aeroporti e su navi da crociera. L'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT) di Genova ha presentato nel 2016 il progetto R1-your personal humanoid; un robot sviluppato con il coinvolgimento di investitori privati e concepito per operare in ambienti domestici e professionali tra cui, in primis, i contesti ospedalieri. R1, evoluzione del progetto iCub, è un robot progettato con attenzione all'ottimizzazione dei costi in modo da poter



Fig. 2

aspirare in pochi anni ad una distribuzione di massa (Fig. 03).

Il volto di R1 è uno schermo LED a colori su cui compaiono delle espressioni stilizzate: pochi tratti che rendono possibile una comunicazione semplice e diretta. Nel 2016, Giorgio Metta (direttore della ricerca all'IIT), parlando proprio di R1, dichiara: «man mano che il robot starà con noi, inizierà ad avere memoria di tutto ciò che facciamo e che abbiamo fatto insieme. Magari, un giorno, avrà memoria di tutta la nostra vita e gli potrò chiedere di accedere a ricordi, tra foto e video» (Ruggiu, 2016). Dal gennaio 2019, Pepper e R1 sono stati adottati in Italia, in via sperimentale, come surrogati paramedici. Sono stati appositamente addestrati a riconoscere i sintomi dei pazienti, ad aiutarli in caso di bisogno, a monitorare che nelle stanze degli ospedali o nelle case di riposo vada tutto bene, soprattutto di notte, e ad avvertire medici e infermieri se qualcosa non li convince (ossia se qualcosa è dissimile rispetto ai loro protocolli di normalità). Oltre che a svolgere queste importanti funzioni, i due robot sono progettati per essere empatici con i pazienti; ossia per decifrare il loro stato d'animo e instaurare con loro un rapporto di reciprocità emotiva che, si è visto, fa percepire ai pazienti un maggior senso di sicurezza, calma e positività (Fig. 4).

Sono da poco apparsi sul mercato diversi esemplari di assistenti vocali. Rispetto ai robot con sembianze umane o zoomorfe, sono semplicemente delle app o dispositivi minimi, morfologicamente astratti e meccanicamente semplici in quanto non dotati di una propria motilità, ma nel contempo ubiqui grazie a software sempre più complessi e alla capacità di coordinare diversi device secondo la modalità propria dell'*Internet of Things*. Sono "maggiordomi immateriali" che oltre a rispondere alle nostre curiosità e svolgere le azioni da noi comandate, stanno diventando dei confidenti, le "anime della casa" che danno sicurezza e conforto; una sorta di realizzazione virtuale dell'antico concetto di *genius loci*. Queste "anime" creano le condizioni di comfort (acustico, termico, luminoso) dell'ambiente domestico, ci tengono informati su ciò che accade nel mondo, sorvegliano la nostra casa durante la nostra assenza, ci assistono in caso di difficoltà, coordinano per noi un team di elettrodomestici, controllano per noi il meteo, organizzano la nostra agenda, chiamano il taxi, prenotano un tavolo al ristorante, acquistano per noi ciò di cui abbiamo bisogno, ci avvertono dell'avvicinarsi della data di scadenza del cibo nel frigorifero e in base a ciò ci consigliano una ricetta, ci rallegrano raccontandoci una barzelletta

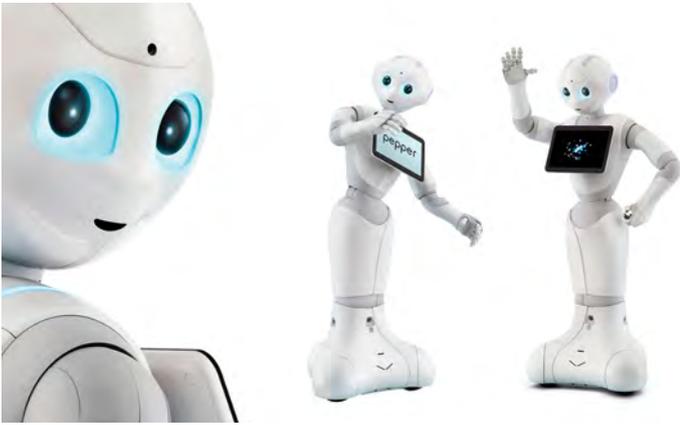


Fig. 3

o intonando una canzoncina. Il successo che gli assistenti vocali stanno registrando è dovuto al loro costo basso e, soprattutto, all'unione tra un vantaggio antropologico (la voce è un "controller" diretto, spontaneo e naturale e permette all'utente di bypassare tutte le storiche barriere inerenti la creazione di codici di interfacciamento uomo/macchina), un reale vantaggio funzionale (derivante dalla moltitudine di possibili azioni), e un sottile vantaggio psicologico (derivante dalla consapevolezza di non essere mai soli e di avere un rassicurante servitore sempre pronto ad ascoltarci ed esaudire i nostri desideri). Ne sono esempi recenti Siri (Apple, dal 2011), Alexa e Echo (Amazon, dal 2014), Cortana (Microsoft, dal 2014), Google Assistant e Google Home (Google, dal 2016), Bixby (Samsung, dal 2017).

Conclusioni, osservazioni e problemi aperti per la cultura del design

Di fronte a questa evoluzione scientifica sta inoltre emergendo la necessità di dare uno status giuridico ai robot per avere leggi chiare ed evitare pericolosi vuoti normativi come ad esempio accaduto nel caso del primo incidente mortale che ha visto coinvolta un'automobile a guida autonoma avvenuto nel Marzo 2018 in Arizona (US). Qualora un artefatto tecnologico, dotato di intelligenza artificiale, in conseguenza di una sua scelta frutto di sofisticati algoritmi, arrecasse danno diretto o indiretto a persone o cose, a chi verrebbero addossate le relative responsabilità? Quali le possibili pene? Su questo tema è in atto un vivace dibattito internazionale ed è attivo uno specifico gruppo di lavoro all'interno della Commissione Europea avente lo scopo di prevedere un futuro aggiornamento della legislazione assicurativa e di creare le condizioni per la definizione dei robot come persone elettroniche e la creazione di un'Agenzia europea per la robotica e l'intelligenza artificiale.

Una volta instaurata una reale relazione affettiva con queste "persone elettroniche", come vivremo l'eventuale sentimento del distacco? Sarà riformulata la necessità delle società di programmare l'obsolescenza degli artefatti e dei software in virtù di sentimenti autentici o si continuerà, come accade oggi, a manipolare i cicli vita degli individui tecnici al fine di spingere i consumi? Sarà più forte l'amore che nutriremo nei confronti del nostro fido robotico o l'euforia di accaparrarsi la versione aggiornata? Stiamo in qualche modo avvicinandoci alla teoria utopica – o, per meglio dire, distopica – della Fantasmologia formulata nel 1977 dal filosofo polacco Stanislaw Lem secondo la quale vivremo in «un mondo in cui per principio e senza eccezione vale la regola che nessuno possa sentirsi sicuro di aver a che fare con la realtà naturale» (Lem, 1977, p. 182).

Il compito del design consiste nel guidare le evoluzioni e i processi, non solo tecnologici, che stanno alla base di questo

"animismo moderno" prevedendo e definendo nuove possibili interazioni, nuove regole di convivenza, e quindi stabilire nuovi modelli di socializzazione, di armonia, di mediazione tra mondi, artefatti e persone. Il design, grazie alla sua natura disciplinare intermedia tra le scienze tecniche e i saperi umanistici, può diventare uno strategico luogo di dialogo; un alternativo punto di osservazione di questi fenomeni. I *sensing robots* e i *sensing software* possono diventare i nostri più fedeli amici, divertenti compagni di giochi, i nostri angeli custodi, i "ponti comunicativi" che ci aiuteranno a gestire i nostri impegni e le nostre relazioni interpersonali, i tools di contrasto ai processi di castrazione dell'espressività emotiva che si attuano in determinate condizioni; oppure, semplicemente, sostituiti. Surrogati di relazioni. Sfoghi di una socialità repressa, impegnativa e non più autentica; antidoti, anestetici od almeno strumenti palliativi in un'epidemia di nuove solitudini. Parafrasando il filosofo Umberto Galimberti, se è vero che «il progresso tecnico non sempre è il meglio, anche se è inevitabile» (Colombo, 1995, p. 127), «di fronte all'inevitabile, rifiutare è patetico, ma sorvegliare è necessario, se non altro per capire, oltre a ciò che noi possiamo fare con la tecnica, ciò che la tecnica ha fatto, fa e farà di noi. [...] Non dobbiamo dividerci tra fautori e denigratori delle nuove tecnologie, ma tutti insieme diventare attenti osservatori, almeno per evitare che la storia, che noi uomini abbiamo inventato, d'ora innanzi accada a nostra insaputa» (Galimberti, 2009, p. 255).

References

- Baricco, A. (2018), *The game*, Giulio Einaudi Editori, Torino, IT.
- Colombo, F. (1995), *Confucio nel computer. Memoria accidentale del futuro*, Rizzoli, Milano, IT.
- Fiorani, E. (2001), *Il mondo degli oggetti*, Editori di Comunicazione - Lupetti, Milano, IT.
- Fung, P. (2016), "Robot con il cuore", *Le Scienze*, edizione italiana di "Scientific American", n. 569, gennaio 2016, Il Saggiatore, Milano.
- Galimberti, U. (2009), *I miti del nostro tempo*, Giangiaco Feltrinelli Editore, Milano, IT.
- Lem, S. (1977), *Phantastik und Futurologie*, vol 1, Insel, Frankfurt/Main, DE.
- Longo, G.O. (2001), *Homo technologicus*, Meltemi, Roma, IT.
- Maeda, J. (2006), *Le leggi della semplicità*, Bruno Mondadori, Milano, IT, edizione originale "Laws of Simplicity" MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Boston, US.
- Quércé, L. (1992), "Espace public et communication, remarques sur l'hybridation des machines et des valeurs", in Chambat, P. (ed.), *Communication et lien social*. Descartes, vol.60, Paris, FR, pp. 99-120.
- Ruggiu, V. (2016), "R1, il primo robot per le famiglie: Costerà quanto una tv di nuova generazione.", available at: https://www.repubblica.it/tecnologia/2016/07/19/news/r1_robot_iit-144419183/ (accessed 5 August 2020).



Fig. 4

Fig. 1 - Aibo, Sony, 2018.

Fig. 2 - Pepper, SoftBank Robotics, 2014.

Fig. 3 - Pepper, SoftBank Robotics, utilizzo presso il Mandarin Oriental Hotel di Las Vegas, 2018.

Fig. 4 - R1-your personal humanoid, Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), 2016.

DIGITALIZZAZIONE DEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI TRA PROGETTAZIONE INFORMATIVA E "ARTIGIANATO" AVANZATO

Giuliano Galluccio¹

Abstract

Il contributo propone una riflessione sulle trasformazioni che la digitalizzazione determina all'interno dei processi cognitivi e operativi del progetto di architettura, fornendo un'interpretazione delle condizioni epistemiche del Digitale che ne evidenziano il ruolo fondativo di una nuova cultura materiale. Pertanto, il testo approfondisce il mutato rapporto che il progetto digitale instaura tra cultura industriale e cultura artigianale nel settore delle costruzioni, in relazione alla sua formulazione, alla sua realizzazione e al ciclo di vita dei suoi "prodotti".

Keywords: Digitalizzazione, Intelligenza artificiale, File-to-factory, Computational design, BIM

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, giuliano.galluccio@unina.it

Mapping the construction technology ecosystem

McKinsey analyzed the growing construction technology landscape to look for trends and constellations of activity around established and emerging use cases. Thicker lines connecting two use cases indicate a greater number of technology companies offering both technologies simultaneously.

Click on a use case/technology to view its related solutions. Use the zoom options and weight slider to explore the relationships between different technologies. To isolate technologies by functional cluster or constellation, click to highlight or select the option to filter. Zoom/ unfilter by clicking the same option again or the white space.

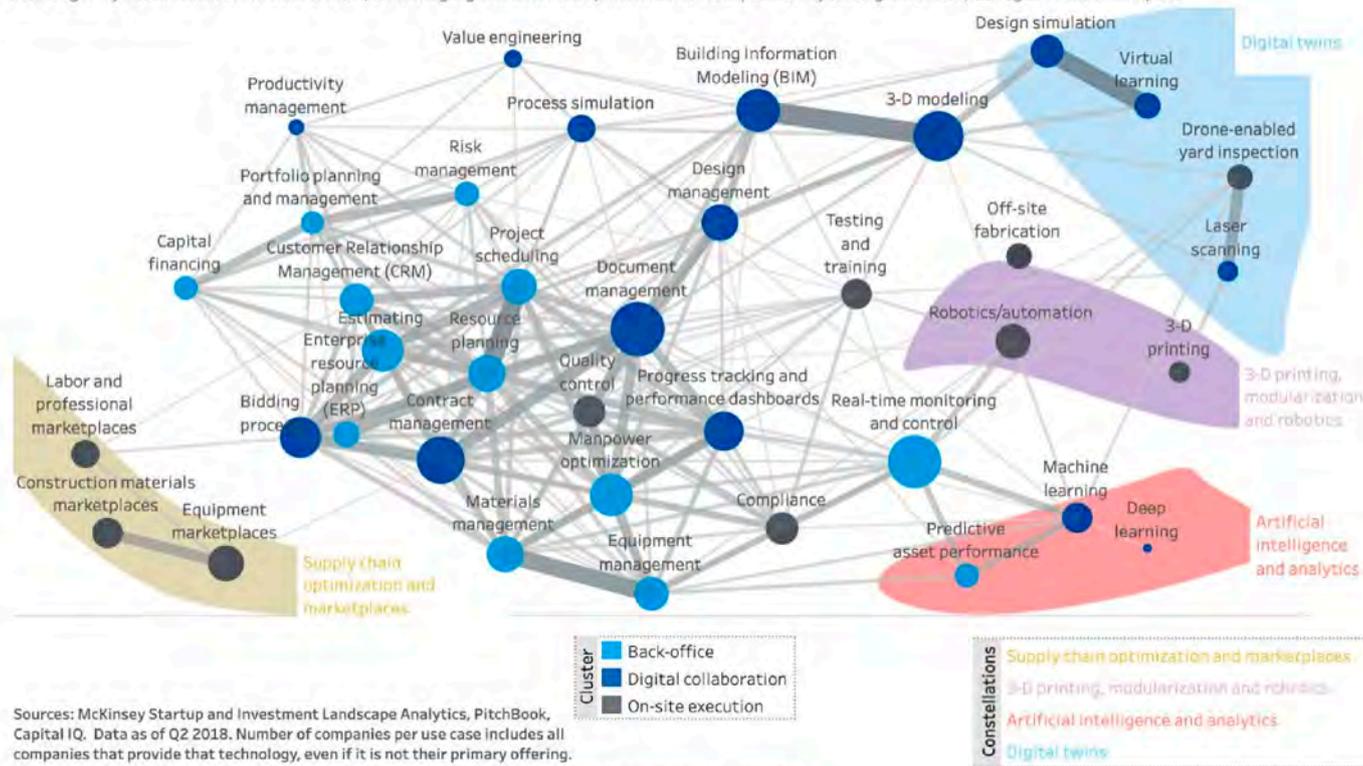


Fig. 1

Cultura digitale tra materialità e immaterialità

Pur essendo, tra i settori industriali, quello meno digitalizzato¹, il comparto delle costruzioni ha esperito, già dal finire del secolo scorso, una progressiva introduzione, sperimentazione e diffusione di tecnologie di derivazione ICT, fino a collocarle al centro del dibattito attuale (Fig. 1). All'interno di uno scenario di incalzante innovazione tecnica, del Digitale sono però prevalsi aspetti prevalentemente operativi, legati all'adozione di strumentalità avanzate, rafforzando l'impressione comune che esso irrompa nella prassi consolidata come una vera e propria rivoluzione. Piuttosto, la digitalizzazione costituirebbe l'evidenza dell'avvenuta maturazione culturale avviata a partire sin dalla metà del Novecento, che ne rivelerebbe il carattere di transizione legata allo sviluppo di *teorie*, piuttosto che *tecniche*, in grado di riconfigurare gli aspetti cognitivi del progettare (Russo Ermolli, 2020).

Riconoscere il valore teoretico del Digitale consentirebbe di correlare il fenomeno della digitalizzazione alla formazione di una nuova cultura materiale, differente da quella artigianale come da quella industriale (Campioli, 1988), ossia riferita, seguendo la definizione di Maldonado², a «la cultura degli oggetti fisici nati o fabbricati dagli uomini nella loro prassi produttiva e/o simbolica». Lo stesso autore riconosceva il paradosso, solo apparente, che emergerebbe tra digitale, inteso nella sua virtualità e immaterialità, e cultura materiale (Maldonado, 1992), che è, al contrario, intrinseca di attività sensibilmente legate alla fisicità e tattilità del fare artigianale o al pragmatismo del produrre industriale³.

La concretezza, seppure intangibile, del digitale è svelata allorché si riconosce in esso il valore di “tecnologia invisibile”⁴, in cui la leggerezza dei *bits* e dei flussi di informazione è il tratto distintivo della società contemporanea (Ciribini, 1987), sempre meno rappresentata dal peso schiacciante di macchine industriali, quanto piuttosto dalla levità e velocità delle correnti dei dati a cui esse obbediscono⁵.

Aspetti cognitivi del pensiero progettuale digitale

Come sottolinea Alessandro Bogliolo⁶, l'etimologia latina *digitus* (“dito”) del Digitale rimanda a tutto ciò che può essere rappresentato con un numero finito di cifre, come quelle che si contano con le mani, ossia di rappresentazioni finite basate su regole di codifica frutto di una convenzione. Al contrario, è Analogico ciò che ha infiniti dettagli, impossibili da descrivere in modo finito con numeri o parole: la stessa realtà che osserviamo è analogica, come un campo di segnali elettrici o uno spettro di colori, la cui conoscenza è possibile solo tramite approssimazioni. Ai processi logici, deduttivi e causali del metodo scientifico, i computer oppongono un approccio alla risoluzione dei

problemi complessi abduttivo e non-causale (e quindi, solo apparentemente *casuale*), molto più simile ad un approccio *trial & error*, tipico del metodo euristico del lavoro artigianale, in cui la soluzione emerge integrando l'esperienza di precedenti analoghi a un continuo ciclo di tentativi ed errori. In tal senso, i computer «pensano e producono in maniera simile a quanto farebbe un buon artigiano, piuttosto che un buon ingegnere» (Carpo, 2017), con la differenza che mentre le macchine computazionali sono in grado di vagliare enormi quantità di dati (*Big Data*), la mente umana “funziona” meglio con piccoli insiemi di dati (*Small Data*).

La capacità, propriamente euristica, dei computer di varare e generare infinite soluzioni deriva proprio dalla potenzialità dei sistemi digitali di operare con strutture numerabili di informazioni, che aprono a illimitate possibilità di movimento del progettista-umano all'interno di un “campo di gradienti”⁷, in cui lo spettro del reale è virtualizzato tramite infinitesimali incrementi o decrementi di valore dei parametri associati agli enti che ne popolano lo spazio (Fig. 2), non più oggetti ma “*objectile*” (Deleuze, 1988). Il digitale estrae le informazioni dal materiale, separandole da esso, e le immagazzina in sequenze di 0 e 1 che possono essere memorizzate su diversi supporti – indipendentemente dalla loro natura – prima di essere reimmesse nel mondo fisico attraverso, ad esempio, macchine a taglio laser o stampanti 3D (Picon, 2018). In questo senso, la cultura digitale aspirerebbe a considerare la realtà materiale e l'informazione come un'unica entità⁸, nello stesso momento in cui finisce per mantenerli separati: il progettista digitale, quasi come un artigiano, manipola l'informazione per trasferirla alla materia.

Produzione digitale e processo edilizio tra informatica e informazione

Il progressivo perfezionamento degli strumenti e delle processualità di derivazione ICT per la produzione *file-to-factory* nel processo edilizio sta rafforzando la possibilità di conseguire l'aspirazione all'industrializzazione del settore delle costruzioni attraverso il superamento dei paradigmi di standardizzazione del Novecento, garantendo la realizzazione di prodotti customizzati in maniera ugualmente vantaggiosa in termini economici e ridisegnando, in questo modo, l'intera filiera idea-progetto-cantiere. Il processo edilizio, da «una sequenza logica di operazioni»⁹ si riconfigura, grazie al coordinamento tra sistemi di progettazione *BIM-based* e tecnologie di produzione CNC, come un flusso iterativo di dati e informazioni, procedendo alla definitiva dissoluzione della distinzione tra momento progettuale e momento costruttivo, progettista e industria, cantiere e fabbrica.

Di conseguenza, il Digitale propone un nuovo “ecosistema” progettuale, all'interno del quale il progettista sembrerebbe operare in assenza di limiti e secondo tolleranze sempre più ridotte

1 Cfr. McKinsey Global Institute (2016), “Imagining construction’s digital future”, available at: www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/ourinsights/imagining-constructions-digital-future (accessed 10 March 2019).

2 Cfr. Maldonado, T. (1976), *Disegno Industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano, pag. 16.

3 Cfr. Sennet, R. (2008), *The Craftsman*, Yale University Press, London (trad. it. *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano 2008).

4 Cfr. Sinopoli, N. (1997), *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano.

5 Cfr. Calvino, I. (1988), *Lezioni Americane. Sei proposte per il nuovo millennio*. Garzanti, Milano.

6 Alessandro Bogliolo è coordinatore di Europe Code Week e autore di CodeMOOC, piattaforma online gratuita per l'insegnamento del coding all'interno delle scuole primarie e secondarie. Cfr. Bogliolo, A. (2016), *Coding in your Classroom, Now! Il pensiero computazionale è per tutti, come la scuola*, Giunti Scuola, Firenze.

7 Cfr. Reiser, J., Umemoto, N. (2006), “Moving in the Gradient Field”, in *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, New York, pag. 175.

8 Il rapporto tra informazione e produzione materiale è tanto stretto che il fisico John Archibald Wheeler giunse ad ipotizzare una loro coincidenza, affermando che «It from bit», cioè “la materia deriva dall'informazione”, di cui il *bit* rappresenta l'unità; cfr. Longo, G.O. & Vaccaro, A. (2013), *Bit Bang. La nascita della filosofia digitale*, Apogeo, Milano.

9 Cfr. Spadolini, P. (1981), “Progettare nel processo edilizio” in Zaffagnini, M. (ed), *Progettare nel processo edilizio. La realtà come scenario per l'edilizia residenziale*, Luigi Parma, Bologna.

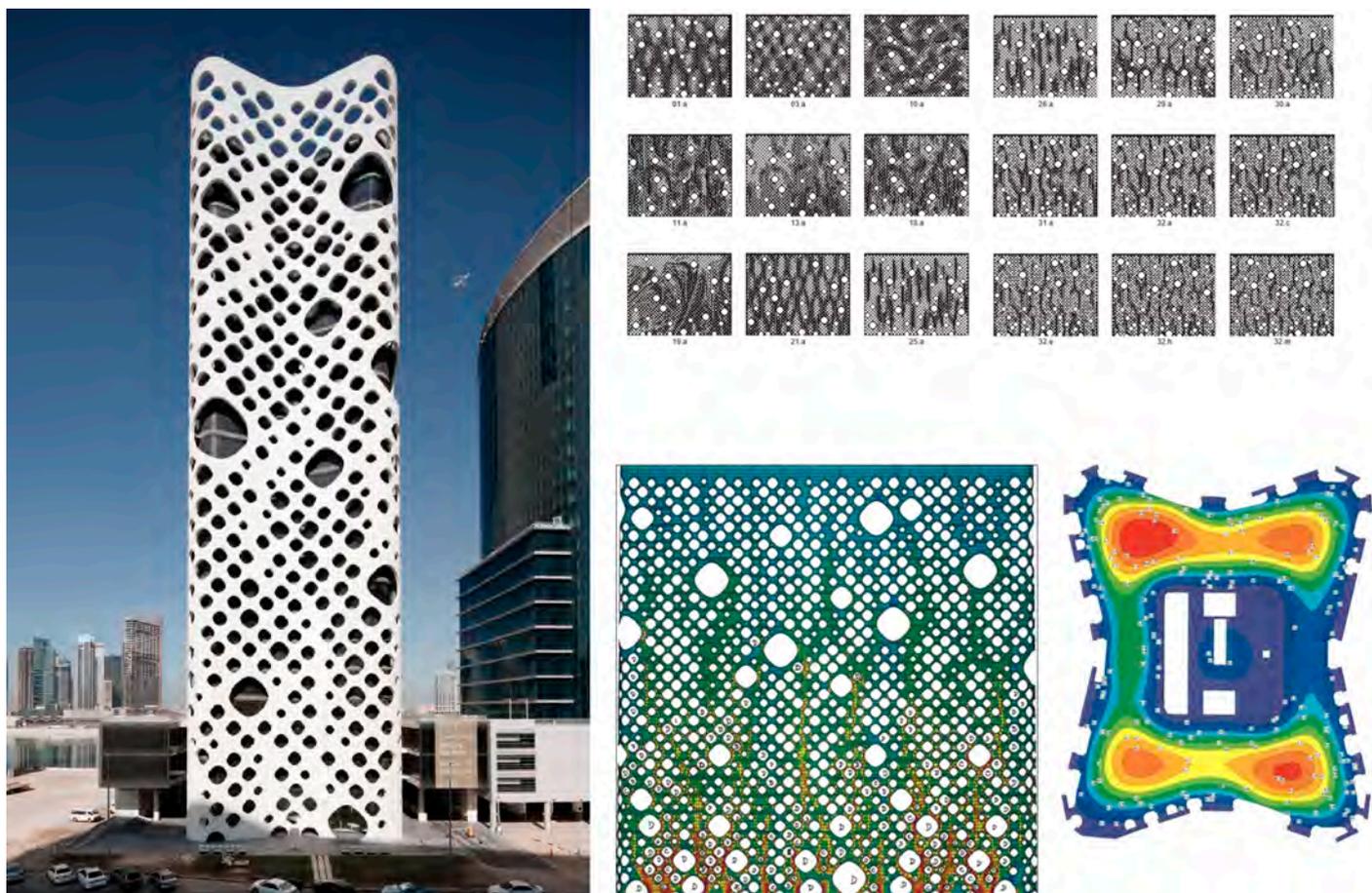


Fig. 2

CATEGORIA TECNOLOGICA	IN EPOCA PRE-DIGITALE (ANALOGICO)	NELLA PRIMA FASE DEL CAD (COMPUTERISED)	IN EPOCA BIM (COMPUTER-AIDED)	IN EPOCA MACHINE LEARNING (COMPUTATIONAL)
Rappresentazione	Disegno a mano, testo a macchina	Disegno al CAD, testo al PC, layout digitali	Modellazione parametrica di geometria e metadata	Design <i>informato</i> dalle intelligenze artificiali attraverso modelli digitali interconnessi
Analisi e simulazione	Formule, intuizione, esperienza,	Fogli di calcolo, primi software di analisi computazionale	Modelli digitali analitici connessi a script che testano e scelgono i risultati	Reti neurali basate sull'analisi di Big Data per la predizione di risultati complessi
Produzione	Traslazione fisica delle regole costruttive dal disegno	Trasferimento di informazioni per il controllo numerico dal CAD	Simulazione della produzione e costruzione basata sui modelli e sui dati presi dalla realtà	Macchine produttrici auto-apprendenti traggono informazioni in automatico dal progetto per applicarle «criticamente» in cantiere
Collaborazione	Cataloghi, telefono, tavole degli standard, fax, servizi postali	Email, server, database online, FTP	Web, social media, connessioni e scambio dati in real time	Interazione real time consentita dalla realtà virtuale e aumentata supportata dalla collaborazione predittiva delle IA

Fig. 3

(Ortega, 2017). La possibilità di “fare (quasi) qualsiasi cosa”¹⁰ piuttosto che deresponsabilizzare l’attività progettuale a seguito dell’introduzione, già dalla fase euristica, di forme automatiz-

zate di pensiero algoritmico (*artificial intelligence, agent-based design, machine learning*), determinerebbe la necessità di ricostruire un altrettanto nuovo sistema di vincoli in grado di

10 Cfr. Gershenfeld, N. (2012), “How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution”, *Foreign Affairs*, vol.91,6, pp. 42-57.

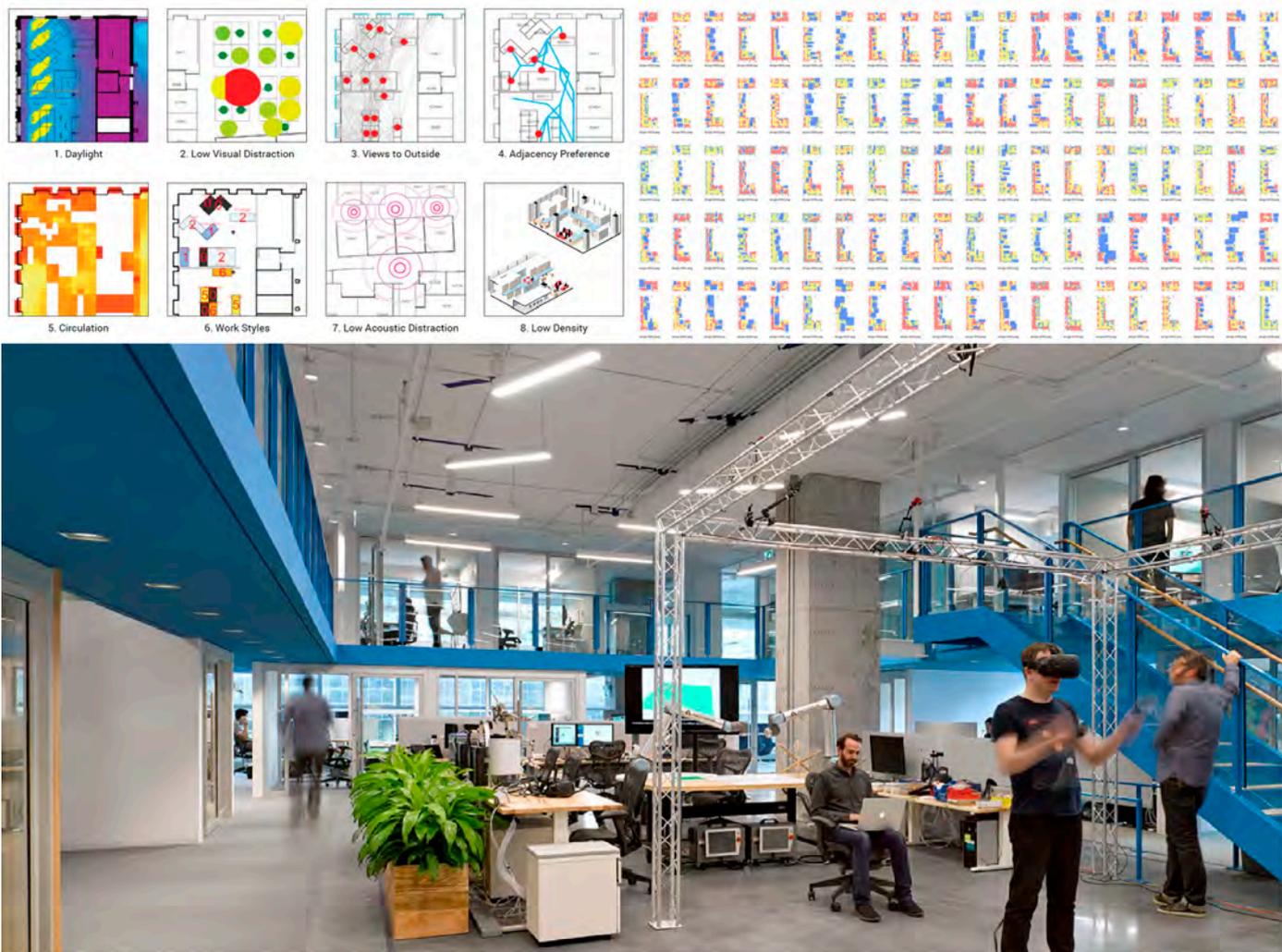


Fig. 4

anticipare il valore delle scelte poste in atto, intese come una risposta in termini culturali collettivi (Nardi, 1986); come sottolinea l'antropologo André Leroi-Gourhan, «la tecnologia è una costruzione sociale» che avviene se innovazione e nuove pratiche sociali sono congruenti all'interno di uno stesso circolo di *feedback* socio-tecnici¹¹.

L'aleatorietà intrinseca del settore, caratterizzato dall'unicità del "prodotto" edilizio e delle sue condizioni al contorno, la compresenza di prassi esecutive tradizionali e innovative, l'asimmetria informativa tra progettisti, produttori e costruttori e la crescente complessità in termini di esigenze, attori coinvolti e tecnologie disponibili, suggeriscono che la risposta al problema progettuale non possa essere conosciuta aprioristicamente affidandosi a retaggi tipologici, né mediante orientamenti probabilistici secondo metodi stocastici, né tramite l'automazione informatica della pratica progettuale. Il valore delle informazioni è quindi cruciale all'interno del processo edilizio, in quanto sia per operare previsioni progettuali attendibili, sia per "alimentare" le macchine per la produzione digitale, è necessario raccogliere e analizzare dati in enorme quantità e di provenienze eterogenee. In questo senso, la capacità previsionale dei software di progettazione simulativa¹² permette di reinterpretare il progetto di architettura come una «piattaforma di conoscenza»¹³, ossia un vero e proprio "sistema di sistemi"¹⁴ che definisce le infrastrutture culturali, tecnologiche, tecniche e gestionali che veicolano la condivisione e lo scambio di informazioni all'interno del

processo (Fig. 3). Così, il processo edilizio può incorporare, in luogo di una catena telescopica di fasi, un'organizzazione che tenga in conto il carattere fluido, iterativo e interdisciplinare del progetto contemporaneo digitale.

Materializzazione del digitale e continuità informativa nel ciclo di vita

Gli impatti della cultura digitale sul progetto di architettura riformulano le caratteristiche attese dai prodotti, ai quali è richiesta una maggiore capacità di porre le condizioni affinché essi possano *interagire* con i propri utilizzatori attraverso la continuità informativa dal produttore al consumatore (Cache and Beaucè, 2007).

Il ruolo delle informazioni nel progetto digitale diventa imprescindibilmente legato all'utilizzo di strumenti informatici per la sua gestione e trasmissione, riconfigurando il progetto non più come *medium* tra il progettista e il costruttore in fase di realizzazione, ma, all'interno del momento ideativo stesso, nel complesso sistema di operatori e *stakeholder* che vi partecipano. In questo modo, anche la Committenza è fondamentale nel fornire un quadro di *esigenze informative*, che costituisce l'insieme dei vincoli al quale il progetto è chiamato a confrontarsi.

La possibilità offerta dai sistemi computazionali di comporre strutture di dati trasmissibili in formati interoperabili, infatti, determina la definizione del "problema" progettuale, che si con-

11 Cfr. Leroi-Gourhan, A. (1945), *Milieu et techniques*, Albin Michel, Paris.

12 Cfr. Ross Sheer, D. (2014). *The Death of Drawing: Architecture in the Age of Simulation*, Abingdon-on-Thames: Routledge.

13 In riferimento al concetto di Knowledge Platform elaborato all'interno dello studio di progettazione olandese UNStudio. Cfr. van Berkel, B. (2019), "Crafting Materiality with the Digital" in Feireiss, K. (ed.), *Craftmanship in the Digital Age. Architecture, Values and Digital Fabrication*, Aedes, Berlin.

14 Cfr. Alexander, C. et al. (1977), *A pattern language. Towns, buildings, construction*, Oxford University Press;

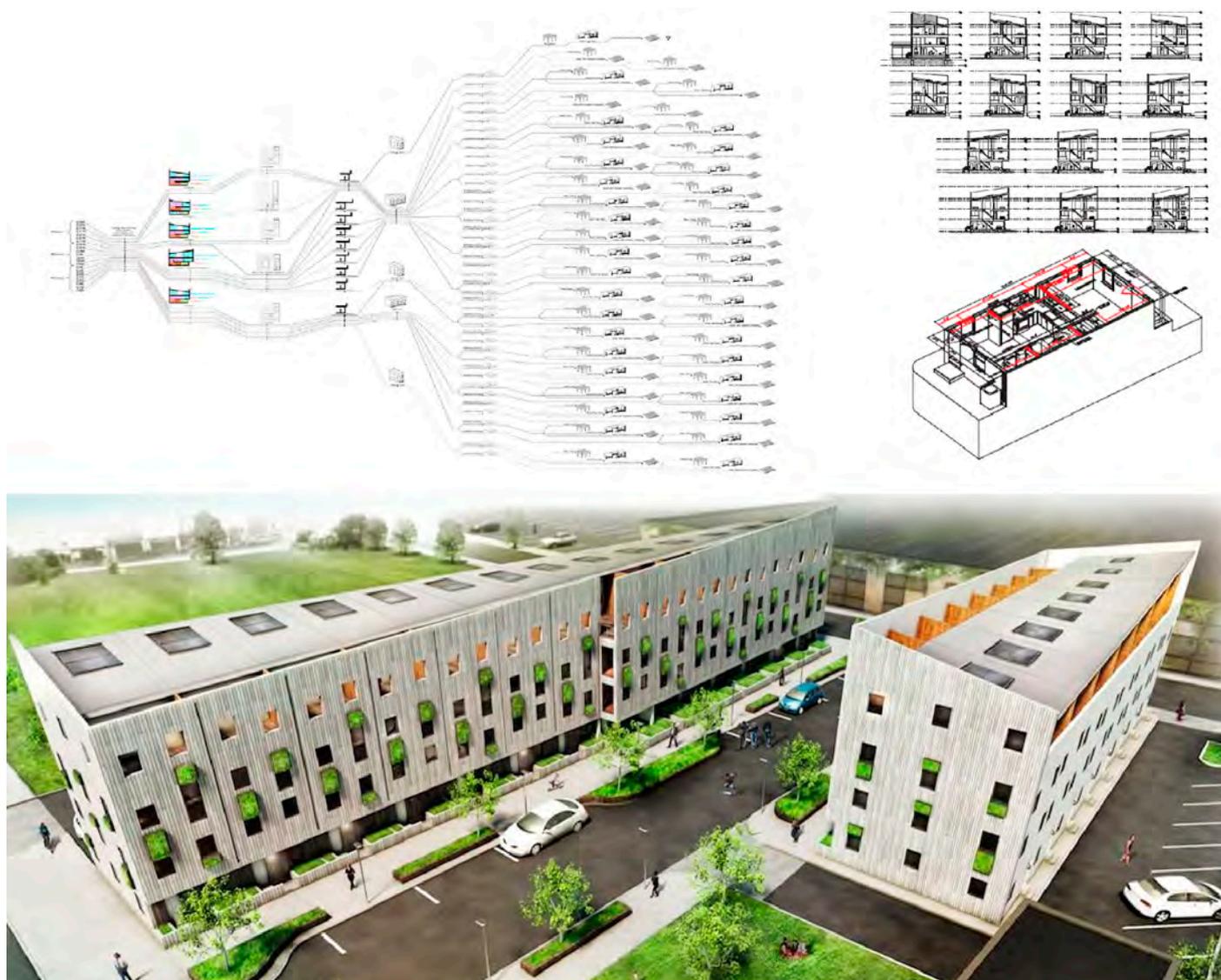


Fig. 5

figura come un insieme di valori immateriali che sostanziano il flusso informativo e che è sempre ripercorribile, a partire dai prodotti materiali, attraverso le scelte progettuali. Allo stesso tempo, al progettista spetta il compito di mediare, processare e coordinare, all'interno di un medesimo flusso, le diverse istanze cui è chiamato a fronteggiare, ponendosi tra l'insieme di *input* e il ventaglio di possibili *output* di progetto (Figg. 4, 5).

Infatti, la possibilità offerta dalle tecnologie di fabbricazione digitale di trasmettere le informazioni dai modelli virtuali direttamente alle macchine svincola il prodotto dal dover "comunicare" al costruttore le regole per il suo assemblaggio; piuttosto, esso può incamerare quei valori immateriali, raccolti nel progetto, che veicolano le esigenze espresse dalla Committenza. Il requisito fondamentale della progettazione di un manufatto diventerebbe così quello di garantire la continuità del flusso informativo dall'ideazione alla realizzazione e durante tutto il ciclo di vita, consentendo che i dati siano, in ogni momento del processo, interrogabili, aggiornabili, trasferibili. Il fine del processo edilizio sembrerebbe dunque non più il costruire in sé, in cui il valore informativo del prodotto si esaurisce, al momento del suo assemblaggio, una volta assolto il compito di guidare il costruttore secondo le regole trasferite dall'industria, ma la continuità del dato attraverso la materia, anche mediante l'ausilio di componenti elettronici e sensori.

La dimensione progettuale del Digitale

Gli scenari di progressivo sviluppo delle tecnologie di automazione lascerebbero supporre che il progetto si caratterizzerà sempre meno come mezzo di comunicazione dell'idea attraverso le diverse fasi di approfondimento, quanto piuttosto sempre più come ambiente di governo delle decisioni, all'interno del quale le scelte trovano legittimazione mediante il costante confronto con gli *stakeholder* e la società. Come paradigma progettuale, il digitale non escluderebbe la possibilità di una continuità con le prassi consolidate, pur modificandole profondamente, in cui il deporre di un'autorialità definita rispetto alla condivisione delle responsabilità non può delegittimare o deresponsabilizzare il progettista dalle scelte intraprese (Fig. 6).

È lecito condividere che le capacità di apprendimento delle macchine, fondate su logiche evolutive, dipenderanno sempre più dall'avanzamento della conoscenza umana. Il rapporto uomo-macchina dell'età post-digitale volgerebbe ad un equilibrio informativo tra i due soggetti, orientato a minimizzare la perdita di informazioni da parte di entrambi: in tale dialogo co-evolutivo¹⁵, necessario soprattutto nella disciplina dell'architettura per preservare gli aspetti simbolici e culturali del progetto, è possibile, anzi, ravvisare una quota di "umanizzazione" restituita dall'uomo alla macchina.

References

- Beaucè, P. and Cache, B. (2007), *Objectille: Fast-wood: a Brouillon Project*, Ambra Verlag, Vienna, AT.
- Campioli, A. (1988), *I presagi di un nuovo costruire. Il linguaggio delle tecniche esecutive nell'architettura della seconda età della macchina*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT press, Boston, MA.
- Ciribini, G. (1987), "Cultura tecnologica della progettazione" in Gangemi, V. and Ranzo, P. (eds.), *Il governo del progetto*, Luigi Parma, Bologna.
- Deleuze, G. (1988), *Le Pli, Leibniz et le baroque*, Minuit, Paris, FR.
- Maldonado, T. (1992), *Reale e Virtuale*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Nardi, G. (1986), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Franco Angeli, Milano, IT.
- Ortega, L. (2017), *The total designer. Authorship in architecture in the postdigital age*, Actar, Barcelona, ES.
- Picon, F. (2018), *La matérialité de l'architecture*, Parenthèses, Paris, FR.
- Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna, IT.

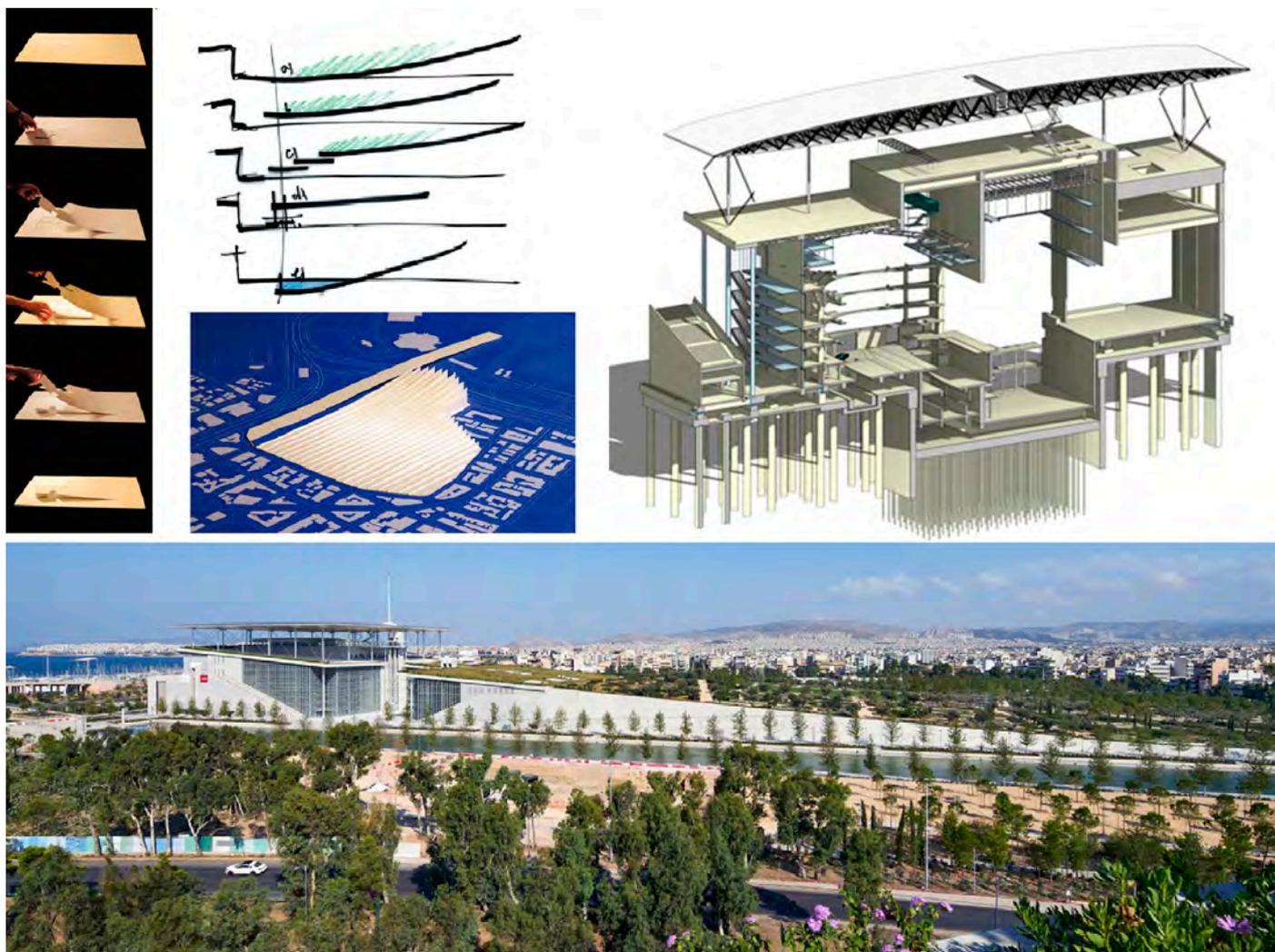


Fig. 6

Fig. 1 - Mappa dell'ecosistema tecnologico delle costruzioni. Fonte: Mc Kinsey Global Institute (2018), "Seizing opportunity in today's construction technology ecosystem", available at: urly.it/37h52

Fig. 2 - Studio della facciata per una torre commerciale: analisi energetica e strutturale delle aperture dell'involucro attraverso il confronto dinamico tra diversi gradienti di porosità. Fonte: Reiser & Umemoto, O-14, Dubai, Emirati Arabi, 2010

Fig. 3 - Categorie tecnologiche e la loro evoluzione. Fonte: Bernstein, P. (2018), *Architecture Design Data. Practice Competency in the Era of Computation*, Birkhauser, Basel, pag.24; 28. Traduzione e rielaborazione dell'Autore

Fig. 4 - Studio computazionale dei layout architettonici per il progetto di un ufficio: generazione automatica di soluzioni distributive ponderate in base alla rispondenza degli output agli input prestazionali. Fonte: The Living Lab, Autodesk MaRS Office, Toronto, Canada, 2017.

Fig. 5 - Diagramma tipologico delle molteplici famiglie di soluzioni progettuali per gli alloggi di un complesso residenziale. Grazie alla sinergia tra progettazione parametrica, fabbricazione digitale e prefabbricazione, le unità differiscono tutte le une dalle altre per variazioni interne e volumetriche, all'interno di un range definito di valori. Fonte: GRO Architects, Jackson Green Housing, New Jersey, NY, 2014.

Fig. 6 - Le tecnologie tradizionali e quelle avanzate non si escludono all'interno del progetto: schizzi, modelli fisici e intuizione agiscono in sinergia con la progettazione e la produzione digitale per garantire un maggiore controllo delle prestazioni del manufatto e una migliore integrazione con il contesto. Fonte: RPBW, Stavros Niarchos Cultural Centre Foundation, Atene, Grecia, 2008-2016.

INDUSTRIA 4.0 E INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI: IL PROGETTO DI RICERCA EUROPEO P2ENDURE

Emanuele Piaia¹, Beatrice Turillazzi², Andrea Boeri³, Danila Longo⁴

Abstract

Nell'ottica del miglioramento del processo edilizio grazie a procedure di digitalizzazione del progetto, la ricerca H2020-P2ENDURE è finalizzata alla messa a punto di strategie di recupero, rifunzionalizzazione ed efficientamento energetico di edifici esistenti mediante l'utilizzo di tecnologie Plug-and-Play e digitalizzazione del progetto mediante l'impiego di Laser Scanner 3D, modellazione BIM e BEM, impiego di stampanti 3D fino all'uso di robot per la posa in opera dei componenti. Obiettivo strategico è il raggiungimento di un risparmio energetico del 60% in rapporto al fabbisogno energetico primario dell'edificio prima del recupero.

Keywords: Plug-and-Play (PnP) technologies, Building Information Modelling (BIM), Deep Renovation, Energy-Efficient Buildings

¹ Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, emanuele.piaia@unife.it

² Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, beatrice.turillazzi@unibo.it

³ Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, andrea.boeri@unibo.it

⁴ Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, danila.longo@unibo.it

Il ruolo cruciale del rinnovamento del patrimonio edilizio esistente

Il 90% del patrimonio edilizio esistente in Europa è stato costruito prima del 1990 e oggi non risponde più agli standard attuali in termini di *Indoor Environmental Quality* (IQE) ed Efficienza Energetica (EE). Intervenire efficacemente su questo patrimonio rappresenta pertanto una sfida cruciale per contribuire a ridurre le emissioni in atmosfera a salvaguardia dell'ambiente.

La strategia di rinnovamento energetico del patrimonio edilizio è distribuita in diverse disposizioni e strumenti politici dell'Unione Europea (EU), tra le quali emerge la *Energy Efficiency Directive* (EED) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia, e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

La Commissione europea intende però rafforzare la vigente legislazione relativa al raggiungimento degli obiettivi del 2030 per l'EE e la diffusione delle energie rinnovabili attraverso il "Green Deal" europeo¹, un patto che ambisce ad ottenere la neutralità climatica entro il 2050 attraverso un piano per la riduzione dei gas serra dal 40% al 50/55% rispetto alle emissioni del 1990.

Il tasso di ristrutturazione annuale del patrimonio immobiliare varia dallo 0,4 all'1,2% negli Stati membri. Considerato che il 40% del consumo energetico totale riguarda proprio gli edifici (IEA, 2019)², questo tasso dovrà almeno raddoppiare per raggiungere i nuovi obiettivi.

Lo sforzo dovrà essere supportato sia dalla revisione e consolidamento delle normative in materia, capaci di assicurare un processo edilizio sviluppato secondo i principi dell'economia circolare e guidato da una maggiore digitalizzazione, che da iniziative collaborative e partecipative volte a superare le barriere, anche economico-finanziarie, che ostacolano il rinnovamento del patrimonio.

Deep Renovation

In questo ambito, la EED 2012/27 introduce il termine *Deep Renovation* riferendosi agli interventi di ristrutturazione edilizia,

economicamente vantaggiosi, che consentono un rinnovamento tale da ridurre il consumo energetico di un edificio di una percentuale significativa rispetto ai livelli precedenti alla ristrutturazione. La percentuale non viene definita; alcuni studi la identificano nel 75% (GBPN, 2013), altri la includono in un intervallo compreso tra il 60% e il 90% (BPIE, 2013). Gli Stati membri possono definire una ristrutturazione come "profonda", se il suo costo totale è superiore al 25% del valore dell'edificio (escluso il valore del terreno) o se l'intervento coinvolge più del 25% della superficie dell'involucro (EPRS, 2016).

Gli interventi sono generalmente integrati e riguardano:

- l'involucro dell'edificio (isolamento delle partizioni esterne, sostituzione degli infissi, installazione di schermature solari, uso di tecniche di ventilazione naturale e/o di riscaldamento o raffreddamento solare passivo);
- gli impianti (sostituzione di caldaie, installazione di sistemi di recupero del calore, di sistemi di micro-generazione, installazione di sistemi di controllo, ecc.);
- i sistemi di generazione elettrica e/o di calore rinnovabile.

Nell'ambito del 7° Programma Quadro e del successivo Horizon 2020, la Commissione Europea ha finanziato numerosi progetti di ricerca mirati allo studio di soluzioni di *Deep Renovation*, in alcuni casi anche alla loro applicazione e verifica su casi dimostrativi come nel progetto P2ENDURE presentato in questo paper.

Le soluzioni riguardano per la maggior parte l'integrazione tra sistemi prefabbricati, sistemi intelligenti per la produzione di energia da fonti rinnovabili e sistemi informatici di gestione dell'edificio e sono innovazioni combinate a metodi di progettazione tecnologica avanzata supportati dalla modellazione digitale BIM (*Building Information Modelling*) e BPMS (*Building Performance Simulation Models*) (D'Oca et al., 2018).

Tali procedimenti mutuano, nel settore dell'edilizia, la tendenza dell'automazione industriale e il miglioramento dei processi mediante l'uso di nuovi strumenti, metodi e modelli propri dell'Industria 4.0 finalizzati ad aumentare la produttività con un contestuale miglioramento della qualità del prodotto finale.

¹ Available at: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf

² Il settore dell'edilizia e delle costruzioni mostra un aumento sia delle emissioni di CO₂ che dell'uso di energia, un progresso limitato ottenuto dalle direttive in materia e un ulteriore rallentamento della crescita degli investimenti per l'efficienza energetica.

L'industria 4.0 nel settore dell'edilizia

Laser Scanner 3D, BIM, stampanti 3D e robotizzazione possono diventare così strumenti indispensabili offerti dalla quarta rivoluzione industriale al settore dell'edilizia aprendo a nuove opportunità e scenari con potenzialità interessanti come, ad esempio, l'applicazione della Realtà Virtuale (VR), della Realtà Aumentata (AR) e della Realtà Mista nelle diverse fasi del processo edilizio.

Attraverso questi nuovi strumenti e metodi di lavori, l'Industria 4.0 riesce anche a superare una carenza nativa dei primi progetti in ambiente digitale CAD (*Computer-Aided Design*) ovvero, alla difficoltà di comunicazione e di trasferimento di conoscenza tra i diversi stakeholder del processo edilizio, la quale è in corso di superamento grazie all'applicazioni di innovative simulazioni integrate tra ambienti reali e digitali, il cui linguaggio è accessibile e indipendente dalle diverse competenze e ruoli.

Sul lato squisitamente produttivo e per lungo tempo, la ricerca si è dedicata soprattutto all'involucro edilizio e agli impianti ad alte prestazioni energetiche, privilegiando il perfezionamento di tecnologie esistenti piuttosto che allo studio di nuove soluzioni. Solo recentemente e spinte da una richiesta di innovazione più integrata da parte dell'industria delle costruzioni applicazioni relative a stampa in 3D, elementi prefabbricati PnP (*Plug-and-Play*), sistemi impiantistici avanzati, sistemi di gestione dell'edificio, ecc. sono diventate oggetto di progetti di ricerca e sperimentazione, anche nel campo più complesso della ristrutturazione profonda di edifici esistenti, vista come volano privilegiato per la transizione energetica (Saidi, 2016).

L'efficacia di queste soluzioni continua ad essere limitata dalla mancanza di innovazione nel processo di costruzione vero e proprio in cui i metodi costruttivi e le scelte tecnologiche restano profondamente tradizionali. L'applicazione di metodologie di automazione nelle fasi esecutive – macchine teleoperate, macchine programmabili e sistemi intelligenti – possono rispondere alla crescente domanda di qualità costruttiva, in tempi più ridotti e soddisfacendo esigenze di carattere ambientale, sociale ed economico (Naboni, 2015).

La digitalizzazione del progetto in ambiente BIM

Come introdotto, l'Industria 4.0 propone e incentiva l'uso di nuovi strumenti e metodi che rendono più efficiente la "produttività" e la "qualità" del costruito in termini di sicurezza, performance, costi e tempi.

In questa direzione la digitalizzazione del progetto di architettura rappresenta uno degli ambiti di maggiore innovazione sia per il settore delle nuove costruzioni che per quello del recupero edilizio.

L'elaborazione del progetto in ambiente BIM ha di fatto dimostrato negli ultimi anni i numerosi vantaggi che può offrire tale metodologia per la gestione del progetto e dell'edificio costruito. Per essere tale, imprescindibilmente, il BIM deve intendersi però come una nuova metodologia di lavoro la quale supporta e migliora la gestione del processo edilizio in ogni sua fase: programmazione, progettazione, costruzione e manutenzione. Infatti, per rendere possibile quanto introdotto, il BIM non offre un semplice modello virtuale tridimensionale dell'edificio ma raccoglie al suo interno una serie di informazioni e meta-dati, interoperabili fra di loro, dell'intero progetto, i quali possono essere continuamente aggiornati e implementati.

Tale caratteristica evidenzia di per sé due macro-vantaggi di questa metodologia.

Il primo riguarda il fatto che, in fase di progetto, si può re-

alizzare un modello virtuale che può essere analizzato da tutti gli attori del processo. L'analisi permette il miglioramento della comunicazione tra le diverse figure tecniche e consente di apportare, in tempo utile, ogni scelta migliorativa, sia del sistema ambientale che di quello tecnologico, in particolare considerando le attese prestazioni energetiche, di IEQ, dei costi e tempi di costruzione quali fattori chiave degli interventi di *Deep Renovation*. Grazie a questo modello virtuale, per la prima volta, si è così in grado di studiare dettagliatamente, *off-site*, il progetto come se fosse già costruito evidenziando eventuali conflitti ed errori progettuali – *clash detection* – che rischierebbero di emergere solo nella cantierizzazione dell'opera.

Il secondo vantaggio riguarda il fatto che il modello virtuale, essendo un modello aperto, può essere costantemente aggiornato in ogni fase del processo rendendolo analogo all'edificio costruito; da qui deriva il termine *Digital Twin* simboleggiando il progredire dell'IT (*Information Technology*) anche nell'industria delle costruzioni. Attraverso questo modello gemello si è pertanto in grado di offrire una migliore gestione dell'edificio costruito, nel tempo, considerando non solo il monitoraggio delle prestazioni attese – attraverso l'integrazione nell'edificio di sensori – ma anche l'interazione fra le persone e l'ambiente costruito nella direzione dello *smart-building*.

Sulla base di quanto introdotto, nel settore della *Deep Renovation*, la digitalizzazione può diventare un supporto operativo indispensabile per gestire il progetto di recupero, in ogni sua fase, sperimentando virtualmente diversi scenari di intervento e individuando il migliore in termini prestazionali, di costi e tempi di cantierizzazione.

Al riguardo, il miglioramento del controllo dell'efficientamento energetico del sistema edificio-impianto può trovare una ulteriore spinta innovativa proprio dalla razionalizzazione e controllo di processi complessi in modelli virtuali integrati BIM e BEM (*Building Energy Model*). Infatti, usando nel suo massimo potenziale il BIM, inteso anche come *repository* di tutte le informazioni dell'edificio, si può successivamente passare alla validazione delle prestazioni energetiche con modelli BEM.

Il progetto di ricerca P2ENDURE

Un punto di incontro tra le esigenze del settore della *Deep Renovation* con i principi dell'Industria 4.0 è ritrovabile nel progetto di ricerca europeo P2ENDURE (*Plug-and-Play product and process innovation for Energy-efficient building Deep Renovation*) finanziato nell'ambito del programma quadro H2020 e che vede impegnati 16 Partner appartenenti a cinque diversi Paesi della Comunità Europea (Danimarca, Germania, Italia, Olanda e Polonia).

Il progetto (<https://www.p2endure-project.eu/en>), che concluderà il proprio programma ad agosto del 2020, promuove soluzioni innovative per la *Deep Renovation* basate sull'utilizzo di sistemi prefabbricati di tipo PnP, sia per quanto riguarda componenti edilizi specifici per l'intervento sull'involucro edilizio (pannelli di facciata, infissi, moduli di addizione *roof-top*, ecc.) sia per quanto riguarda componenti impiantistici a sostituzione di impianti non più performanti per la produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, riscaldamento e/o raffrescamento. Tali componenti sono combinati con strumenti innovativi (3D laser scanner, stampe 3D, tecniche di diagnostica avanzata, BIM-BEM) per migliorare la gestione, il monitoraggio nonché la realizzazione dell'intervento in termini di tempo, costi e qualità finale.

Il programma ambizioso del progetto P2ENDURE mira a testare su 10 casi dimostrativi un modello processuale in ambiente

BIM declinato in 4 step operativi definiti con l'acronimo 4M: *Mapping, Modelling, Making, Monitoring*.

Il primo step, *Mapping*, mira a sviluppare e analizzare l'edificio esistente sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico anche in considerazione delle soluzioni preliminari di progetto proposte (fattibilità tecnico-economica).

Il secondo step, *Modelling*, è cruciale in quanto per ogni intervento viene creato il modello BIM dell'edificio. Partendo dalla creazione di un modello rappresentativo dello stato pre-intervento si passa alla definizione di scenari di intervento testando virtualmente le soluzioni tecnologiche PnP poste alla base della ricerca. In tal senso ogni componente PnP è stato preliminarmente modellato diventando parte della libreria oggetti BIM così da poterli verificare, in modo rapido, anche su più casi dimostrativi in base all'interesse degli *stakeholder* coinvolti dalla ricerca stessa. Ogni modello è stato elaborato inserendo informazioni e dati utili (caratteristiche impiantistiche e degli infissi, stratigrafie dei pacchetti dell'involucro edilizio, ecc.) per la successiva validazione delle performance energetiche mediante il passaggio da BIM a BEM.

Il terzo step, *Making*, riguarda l'esecuzione dell'intervento di *Deep Renovation* testando e validando realmente in opera i componenti edilizi adottati, sia singolarmente (per una successiva maggiore produzione e commercializzazione su larga scala) che nell'insieme, considerando l'intero sistema edificio-impianto volto proprio al successivo monitoraggio delle prestazioni energetiche raggiunte. Tale fase prevede attività svolte in fabbrica come la produzione e il controllo, in base alle indicazioni del modello BIM, dei componenti da fornire in cantiere e, successivamente, attività in loco che partono dalla consegna e controllo dei componenti fino al loro assemblaggio anche con l'utilizzo di robot o integrazione di interventi svolti con tecnologia di stampa 3D. Attraverso il modello BIM iniziale si stabilisce così anche una piattaforma di dialogo e interazione tra tutti gli attori in campo (dai produttori, ai progettisti sino agli appaltatori o sub-appaltatori).

Il quarto e ultimo step, *Monitoring*, mira a controllare e garantire l'esecuzione di alta qualità dei lavori di riqualificazione verificando la qualità ambientale degli ambienti e le prestazioni energetiche. Questo passaggio porterà, se necessario, all'aggiornamento del modello BIM di progetto (*as-designed*) con le condizioni reali dell'edificio riqualificato (*as-built*). Tale modello sarà integrato con sistemi sensoriali e strumenti software per il monitoraggio continuo delle prestazioni facilitando così interventi futuri di manutenzione e gestione a lungo termine. La fase di monitoraggio prevede anche l'adozione di strumenti innovativi per il monitoraggio delle prestazioni di comfort termico come il *comfort eye* che consente la scansione termica 3D degli ambienti (riscontro di ponti termici, oscillazioni di temperature superficiali delle pareti, ecc.). Inoltre, si prevede l'uso di dispositivi mobili per gli utenti finali per guidarli a semplici e intuitive procedure di auto-ispezione dell'edificio nonché a training di auto-istruzione per l'uso ottimale dell'edificio rinnovato in particolare per quanto riguarda gli impianti meccanici, elettrici e idraulici.

Attraverso l'applicazione del processo modulare descritto nonché all'utilizzo di un pacchetto di componenti e soluzioni di intervento derivati da altri progetti di ricerca europei ci si prefigge di testare e validare sia l'approccio di gestione proposto che le tecnologie adottate al fine di accelerare la diffusione della *Deep Renovation* sull'intero territorio europeo.

Gli indicatori presi in esame, per validare i risultati raggiunti, riguarderanno il risparmio del fabbisogno energetico primario che dovrà essere inferiore al 60% rispetto allo stato pre-inter-

vento; una riduzione del 15% dei costi di recupero e del 50% del tempo di cantierizzazione in rapporto a interventi analoghi ma con tecnologie e modelli di processo standard (non con modelli digitali integrati). Gli interventi di riqualificazione proposti dovranno al contempo garantire il minimo di disturbo e adeguati livelli di benessere e *comfort indoor* per gli occupanti.

Allo stato attuale diversi casi dimostrativi hanno concluso la fase di cantierizzazione e sono in corso le fasi di monitoraggio delle prestazioni raggiunte in base agli indicatori di validazione.

Conclusioni

Il progetto di ricerca P2ENDURE, seppure al momento non possa ancora esplicitare totalmente i risultati raggiunti poiché le attività di *Monitoring* dei principali casi dimostrativi sono ancora in fase di conclusione, sta confermando i vantaggi offerti dalla digitalizzazione e modellazione del progetto in ambiente BIM. Evidente è stata la propensione di tutti gli attori a una maggiore progettazione collaborativa come anche si è riscontrata una maggiore capacità di gestione di molti "dati" di progetto che nei vari step di processo solitamente rischiano di essere persi o mal interpretati, tra le diverse figure coinvolte, rischiando di alterare le prestazioni attese in particolare quelle energetiche.

La digitalizzazione del progetto in ambiente BIM ha permesso anche, in alcuni casi dimostrativi, di implementare l'AR e la VR per un maggiore controllo del progetto e della cantierizzazione diventando così strumenti di comunicazione tra progettisti e appaltatori ma anche tra progettisti e utenti finali.

Nonostante questi aspetti positivi, il divario esistente tra il settore sperimentale della ricerca a quello di mercato sembra ancora lontano dal colmarsi.

Il settore dell'edilizia in Italia è infatti ancora fortemente caratterizzato da limiti che ne evidenziano una cronica impreparazione o resistenza a innovarsi. Anche in questo caso, sebbene la normativa già lo stia imponendo (vedasi D.M. n. 560 del 01/12/2017), si denota una difficoltà a introdurre nella prassi quotidiana modelli e sistemi digitali di gestione del processo.

Le motivazioni sono molte: assenza di figure specializzate in grado di elaborare e gestire i modelli BIM, difficoltà di accettarne l'uso da parte di tutti gli attori coinvolti, complessità ad applicare un processo rigoroso e sistematico. A questi limiti si aggiungono altri fattori: tecnologici (esportazione e interpolazione dei modelli evitando di perdere dati da un software all'altro), economici (acquisto di hardware e software), gestionali (personale di ogni categoria adeguatamente formato) e legali (privacy dei dati).

Nell'ottica di innovare la nostra intera filiera e proporre efficaci interventi di riqualificazione energetica del patrimonio esistente, nella direzione non solo della *Deep Renovation* ma anche dei *plus energy buildings*, diventa imprescindibile che tutto il settore si apra a nuove sfide. Formarsi all'uso di nuovi strumenti, metodi e modelli digitali integrati di gestione del processo edilizio potrà contribuire a ridurre costi e i tempi di cantierizzazione, aumentare la produttività e la qualità degli interventi stessi.

In ultimo, ma non meno importante in relazione a quanto oggi si sta vivendo e a quanto vivremo nell'era post COVID-19, l'adozione di modelli digitali integrati (3D: restituzione tridimensionale parametrica; 4D: programmazione temporale dei lavori; 5D: valutazioni e analisi dei costi; 6D: sostenibilità sociale, economica e ambientale; 7D: gestione dell'edificio) consentirà anche una continuità di lavoro a "distanza" e nel *cloud* dove le varie figure chiave del progetto potranno condividere, estrarre e generare nuove informazioni in tempo reale senza ostacolare la stabilità di lavoro in quanto il modello BIM stesso diventa *repo-*

story di tutti i dati di progetto.

Riconoscimenti

Il progetto di ricerca P2ENDURE è cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma quadro H2020 con il contratto n. 723391.

References

- BPIE (2013), A Guide Developing Building Renovation Strategies for Building Energy Renovation. Delivering article 4 of the Energy Efficiency Directive, p.16.
- D'Oca, S., Ferrante, A., Ferrer, C., Perneti, R., Gralka, A., Sebastian, R. and Op't Veld, P. (2018), "Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects", *Buildings*, vol. 8, p. 174
- Global Buildings Performance Network (GBPN), Deep Renovation Definition, Technical Report (February 2013), available at: <https://www.p2endure-project.eu/en>
- IEA (2019), Global Status Report for Buildings and Construction 2019, IEA, Paris
- Naboni, R. and Paoletti, I. (2015), *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*, PoliMI SpringerBriefs, Cham, CH.
- Saidi K.S., Bock T. and Georgoulas C. (2016), Robotics in Construction. in: Siciliano B., Khatib O. (eds), *Springer Handbook of Robotics*, Springer Handbooks. Springer, Cham, CH, pp 1493-1520.
- Šajin, N. (2016), Briefing May 2016 - EPRS – European Parliamentary Research Service, p. 4.

THE ENVISION OF INFRASTRUCTURE PROJECT DESIGN

Maria Antonietta Esposito¹, Spiro N. Pollalis², Filippo Bosi³

Abstract

The contemporary Design Culture and Theory deal with the improved connection between Deep Technologies Ecosystem and the Natural one, in the perspective of continuous equilibrium maintenance and improvement in a co-evolutionary perspective. The contribution discusses the Envision® protocol, introducing a systemic approach for understanding and interpreting the complex reality of the infrastructure design evaluate the sustainability of infrastructure projects within the global trends and human agency. The protocol is illustrated with examples and cases study to point out strong points of the sustainability systemic practice.

Key words: Sustainability, Technology, Project Design Management, Evaluation, Infrastructure

¹ Department of Architecture, University of Florence, mariaantonietta.esposito@unifi.it

² Institute for Sustainable Infrastructure, Harvard Design School (USA), pollalis@gsd.harvard.edu

³ Department of Architecture, University of Florence, txp.fbo@gmail.com

Introduction

The contemporary Design Culture and Theory talk about the improved connection between the Deep Technologies Ecosystem and the Natural one: new challenges and opportunities have risen. Design technology is dramatically changing both architectural practice and the role of the architect and related design professionals very fast. Authors question the current skillset necessary for the architect role, the value provided by every component of the project group, how architects relate to the new work environment and how the design process has changed due to technology (Deutch, 2019). Other authors focus on process reshaping needs and requirements (Kiviniemi, 2018; Esposito, 2018) and pointing out more industrialised approaches base on new methodologies and tools (Bosi, 2016). All the three approaches are interlinked and must be considered together to understand the potential innovation in Construction and to enable digitalization trend engagement (Esposito, 2019).

Lean Construction, derived from Industrial production, is not just another specific approach to construction, but rather a methodology that challenges of the conventional understanding and practice of construction. In consequence, it is in the interest of every player in the construction sector to assess this new thinking and practice. The future development of Lean Construction will have two directions: breadth and depth. On one hand, the seminal ideas of Lean Construction were related to the management of site operations. After that, new methods were developed for supply chain management, design management, cost management, and for total project delivery. This process of more ample breath will eventually lead to the situation where all issues of construction project delivery have a methodical solution based on the new theoretical framework that balances design process, continuous improvement and use of technology. Lean Mindset supports design organizations in achieving higher efficiency, reducing costs and errors since the onset of the Design Process, overcoming many barriers and difficulties of traditional processes such as poor top management support, wrong perception of innovative processes and practices and mostly the lack of information sharing and integrated design process con-

trol (Demirkesen et al., 2019; Mota et al., 2019)

The impacts on practice of emerging technology trends such as generative design, automation, artificial intelligence, and machine learning are now evident clearing up the market by obsolete and non-competitive AECO operators and companies. It already happened in most of the Industry: such emerging technologies are already applied to production process innovation where the link between innovation aptitude and digitalization maturity looks to be significant (i.e. Electronics, TLC, Aviation, Automotive, etc.) as well as in the whole set of Industrial and Academic R&D. With reference to the international scenario the Harvard Business Review (HBR) points out the Construction Industry significant delay in productivity and innovation capacity recovering compared with other Industries. The gap has been more and more evident because of the decade's Economy crisis. In fact the Construction Industry is positioned at the second to last position in Industry ranking in 2015 (Gandhi et al., 2016). Some situation is shown for the Public Administration closely related to Construction especially for public works and infrastructures at the very last positions by the results of HBR's ranking. The McKinsey & Company research about digitalization in USA (2015) (Manyika et al., 2015) shows that automation has caused a 200% acceleration in the expulsion of low and medium skilled workers from the labour market.

The timeline of digital evolution illustrates how the separate focus on a single system is overcome by facts: already today the digitalization is oriented to the exploitation of the big data field – new economy's fuel – and to the interaction between the physical apparatuses. Essentially, successive waves of digital innovations have structured a digital economy. Digital economy generates 17% of earnings in the US, but uses only 18% of its potential according to research (Manyika et al., 2015) digital economy will simply be the future economy. Industries digitize various aspects: the maximization of digital coincides with the increase in value creation. In fact, the growth of wages from 1997 to 2014 sees construction in the fourth place, and the highest wages are offered by the industries with higher digital penetration. A sign that such industries create more value per capita.

Today the industries that create the most value are those that

revolve around ideas, innovations, research, and skills – in view of the fact that they have talents with adequate creativity and digital skills. Such type of industry also creates an external drive for those endowed with a high degree of digital capacity (digital fluency).

However, finding these skills becoming more difficult. Globally, more than 1/3 of job seeker declared the lack of needed talents in 2014 and more than half of the companies declared that such difficulties have had a tangible effect on their capacity to meet client expectations (Manpower, 2014).

Technology evolution trend asks for continuous competencies updating. The issue at hand is to focus on determining which digital competencies are needed by the field.

The global scenario shows the new needs and trends rose by the environmental, social and financial sustainability of projects. The presentation wants to show that to seek such needs require structured processes to face the digitalization because these aspects call for holistic approach bringing requirements that fulfill new performance classes within the design brief. That means more complexity to manage and further methodologies and tools in the process organization (Mota et al.; 2019) and management. Most important it implies new methods and taxonomy to manage and evaluate the results achievement.

The European scenario for digitalization in Construction (Eurostat, 2018) is highly targeted to sustainability. It has been set by a series of regulations¹ that have created the reference framework both for policies and for norms in the whole Industry sectors of all member States that have had adopted it step by step.

To that aim integrated interdisciplinary methods and instruments of integrated design have been introduced within European member states regulation. Such regulation allows introduction of multidimensional approach using parametric management.

Beyond utility and coherence within processes of such methods and tools, their transformative potential with regard not only to environmental sustainability but above all referred to the socio-economic aspects of Construction Industry has to be taken into account. This potential needs to advance in the global industry innovation and productivity ranking, also asking for stopping the employment rate decay, stake-holders conflicts, the process and then the product non compliance. The presence of a cultural gap in facing the digitalization challenge in general – and BIM in particular – is evident.

The added value created by digitalization may generate if it is merely identified with the BIM technology adoption is substantially trivialized just like as productivity and efficiency improvement. But it is not a sufficient objective nor really achievable if new organizational approaches based on shared and collaborative models aren't adopted. Such aspects are often confused and impossible to apply with the current unclear regulation adopting obsolete verification and control methods and protocols. On the contrary it is necessary to adopt approaches that allow open and interoperable communication flow sharing not only standard formats but also the whole set of data both within the design team and the stakeholders during the project life cycle. The first different disciplines professionals in AECO, Finance and Law that populates the industry scenery but also owner and users must have access and share information.

The added value resides in that not only in time, costs and quality.

Taking in consideration the dominant transformative technologies for Sustainability and Digitalization (Esposito et al., 2019) it is evident that to successfully integrate digital technologies it is necessary both to implement hard skills (i.e. process

engineering, information sharing, use and standard of virtual design technologies and construction, etc.) and soft skills (i.e. Lean mindset, social sciences applied to design management, sustainability evaluation and certification protocols, etc.).

In particular sustainability evaluation and certification protocols are seen as a contribution to performances set definition, but in this discussion we would like to consider their value within the digital ecosystem that includes the Industry transformation technological drivers. Such point of view is very peculiar because it allows the infrastructures sustainability protocols not only for their primary scope but also most to design preventive verification management methodology and definitely as project design development tool.

Project Design can evolve from considering Nature just a resource pool to take advantage of. It can envision Ecology as Technological and Natural factors, intertwined with the scope of maintaining, preserving, renewing and possibly improving project objectives. All of this according to co-evolutionary perspective.

The future Ecology vision encompasses Technology itself. For example it is already applied in medicine where digital supplies support human functions (e.g. pace-makers, robotic limbs, nanotech drugs, etc.). Such applications not only is able to maintain functionality but may save the life or improve its quality.

In fact the latter vision suggests the possibility to focus Technology to face the sustainability on the three pillars of EU strategic scopes: environmental, socio-economic and business challenges. Worldwide approaches are very similar since awareness about the crisis that plague the planet, from recession to climatic emergencies and migratory phenomena as well as social inequalities rise in many countries.

That means the project must evolve and include its effect on the reality. Some theories calls for evolutionary project in software development, or biomimetic design and other ideas that can be put in place adding more data then producing and managing more useful information definitely adding complexity to the project.

Integrating new approaches can be a big effort that also needs additional money and knowledge. The affected knowledge areas are many. For now, being in transition from “delayed” industry to a new set, we may expect the opportunity to experiment innovation in major projects to later transfer the results to the whole Construction industry.

Infrastructure projects are subject to the resource constraints of multiple public administration bodies and decisional levels. Such constrains create problems and delays at different design steps when not properly managed. Ratings systems and tools intended for buildings are not designed for this context and cannot adequately assess the extensive external benefits and impacts infrastructure has on a community. The basic requirements to meet are efficiency and long-term sustainability of the communities the infrastructure serves.

Nowadays we can see the effect of lack of efficiency and long-term sustainability and the negative impact on the communities. The Genoa's bridge a 210 meters (690 ft) section of the viaduct that collapsed during a rainstorm on August 14, 2018 is one of the many examples. Looking at the Civil Aviation Industry that is accounted for 2,4 % of total transport emissions no ground infrastructure protocol existed before. There have been attempt to use LEED® (*Leadership for Energy and Environment Design*) protocol adaptation to airports within their Manuals and creating derived protocols like GREEN PLANES®, or more whole airport management protocols like ACA – *Airport Carbon Accreditation* by ACI – Europe (*Airport Company Internation-*

a/l). Furthermore many actions have been experimented in route ATM (*Air Traffic Management*), plane engine, green fuel.

Methodology and timeline of Envision

Envision is a framework that provides the guidance needed to support this systemic approach in the planning, design and delivery of sustainable and resilient infrastructure. The protocol works as decision-making guide based on a set of performance and flexible measures. It allows higher performance through more sustainable choices in infrastructure development. The framework provides a flexible system of criteria and performance objectives to aid decision makers and help project teams identify sustainable approaches during planning, design, and construction that will carry forward throughout the project's operations and maintenance and end-of-life phases. It provides sustainability metrics for all types and sizes of infrastructure to help users assess and measure the extent to which their project contributes to conditions of sustainability across the holistic full range of social, economic, and environmental indicators.

In agreement with national and local regulation it is possible to adapt the performance set to specific infrastructure location and local regulation. The presentation shows examples and cases study to point out strong points of the sustainability systemic practice. The aim of the discussion is to evaluate the possibility to apply Envision as effective project planning and design tool in Italy and more in specific to check its suitability confronted both to Airports and to Public works regulation. Airport owner or regulatory body (ENAC) formally require environmental impact evaluation process (VIA – Valutazione Impatto Ambientale) in Italy. Public agencies want third-party confirmation of project achievements for the public good regarding socio-economic impact. Civil Aviation stakeholders may use the verification process as a learning tool, a process for accountability, and to calibrate their internal project assessments and application of Envision. Regulator entities (e.g. ENAC – Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, Italian National Civil Flight Authority) and Airport Companies may pursue verification for the public recognition it brings to their commitment to sustainable infrastructure in the Program Agreement (Accordo di Programma). Both of them can use the same framework as annual verification method during the contract.

The Envision verification method is targeted to the following:

- to instill community confidence that the project addresses their needs and concerns;
- to Help rate-payer or tax-payer confidence that their money is being spent in their best interest;
- to demonstrates that the sustainable achievements of the project are recognized and considered noteworthy by an independent internationally recognized system;
- to motivate project teams to collaborate to achieve better outcomes;
- to provide an objective measure of sustainable performance and draws attention to the good work being undertaken.

Envision foresee two verification pathways: design plus post-construction and post-construction. Project teams may choose to pursue Envision verification during the project's design phase, or once it is constructed. The second case is very frequent in Airport projects over and over again changing because of flow and technological trends adaptation.

Pathway A: Design + Post-Construction

Airport projects that pursue verification Pathway A may do so any time at or after 95% design completion, in other words, after all major design decisions have been made. This allows leaner and less costly the other rating systems processes (i.e. LEED). Projects pursuing Pathway A will be required to complete a post-construction review, the purpose of which is to confirm that commitments made during project planning and design were carried through construction. This concept is very relevant to refurbish the connection between design and construction phases traditionally separated by the bid phase. Projects pursuing pathway. A may earn an Envision award after undergoing a thorough iterative design review. This is also required by the Public works regulation in Italy (Dlgs 207/2016, art.26). The post-construction review is required to maintain the award earned after the design review(s) and can also support the final testing of the works. If the airport project is developed and constructed using BIM (*Building Information Modeling*) data gathered during the reviews are made accessible within the ACDat (*Ambiente Comune dei Dati*) digital repository.

Pathway B: Post-Construction

It is the case of already built or with approved design Airports. In such cases many reasons will require to achieve a demonstration of the Airport conformity – as a whole or in part i.e. to changed regulation – after upgrading, revamping or re-configuration. Projects that pursue verification Pathway B may do so any time at or after 95% construction completion, up until the airport has been operational for three (3) years. The airport operation phase observation is very important to establish the real performances. Projects pursuing Pathway B may earn an Envision award after undergoing a thorough iterative post-construction review. No subsequent follow-up reviews are required for projects that earn an award after completing Pathway B. The pathway can also support the decision process aimed to allocate resources for revamping or demolish a terminal.

The evaluation method is based on a set of credits. Each credit has several scopes to be described in a specific cover sheet. The credits list within the Envision v3 framework (2018) is the following:

- improve community quality of life;
- provide effective leadership and collaboration;
- support sustainable procurement practices;
- preserve sites of high ecological value;
- reduce net embodied carbon.

The five credits are deployed in questionnaires per every significant scope. The applicant must fill the answers and document as much as possible evidences to support them. The aim of such very lean evaluation scheme is to help applicants to be clear and do not waste time in redundant information and on the other hand easy the evaluation process.

In conclusion the evaluation method seems to have a multidimensional approach rooted in several disciplines to deal with infrastructure's project complexity. Such kind of evaluation meets the requirements of the European rule set and in particular the environmental impact evaluation ones as requested by the Italian regulation. Furthermore Envision holistic method seems to embody most of the aspects that the global scenario points as new needs and trends rose by the environmental, social and financial aspects of project sustainability evaluation. As mentioned above these aspects call for more holistic approach than in the past bringing requirements full filling new performance classes

within the design brief. That entails more complexity to manage and further methods and tools introduction in the process development, check and evaluation and management within the digital environment. It implies methods to evaluate the results achievement to be suitable for process digitalization as a whole. A multidimensional evaluation framework like Envision seems to be relatively easy to translate in parametric environment rules within a BIM platform. It makes the method suitable for airport projects coped with more general airport carbon management already adopted.

Results

This contribution reports a work hypothesis for further application in airport design and evaluation. Since its early stages in the post war two age Commercial Aviation Industry has demonstrated to be very much sensible to sustainability concepts particularly considering noise, air and water pollution mitigation, taking in account social communities needs to be served by the air transportation service and its support to the local economy. Despite the evaluation and mitigation methods have been apparently mainly focused on the environmental impact the social and economic aspect have been always considered because the business model need to evolve with the demand. It not a case that peaceful and freedom periods allow Aviation Industry to flourish on the contrary outbreak, war or terrorism like as regimes create barriers. The Aviation Industry growth average is around 5.4 % per year more than 1.4 billion passengers loaded in 1.6 million flights are expected to fly using EU air space in 2030. Its 440 airports will be fully congested with resulting 160 to 490 million passengers affected. It means that 25% of the EU traffic will be unaccommodated and 50% of the EU airports will be affected by GHG (Green House Gases) emissions peak (Fig. 6).

Passenger experience despite airport ground management improvement will decay no doubt. Tripling the capacity demand the current targets related to no baggage lost, no delay, no cancellation will be hard to cope despite the EU advanced solutions already adopted. Within the EU successful projects have to be mentioned the inclusion of Aviation Industry in the ETS (Emission Trading System) the SES (Single European Sky) realization with the SESAR (Single European Sky ATM Research) resulted by the adoption of a centralized ATM (Air Traffic Management) by Eurocontrol and the strict Clean Sky regulation for plane engines classification to fly throughout EU sky. It is evident that to specify and define an action plan to achieve the objectives set, already established the Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE), a body composed of all the stakeholders in the air transport sector, which in 2002 and 2004 sets out the contents of the *Vision* through two versions of the Strategic Research Agenda (SRA) to improve safety, reduce environmental impact by 10% and cut ATM costs by 50% has to be reviewed and powered to cope with the future capacity crunch challenge. EU continental policies have to be deployed at local level by airport owners to adapt the future needs. On the airport project design and management side we need to develop better methods refine tool and take advantage by digitalization and the deep technology ecosystem. New more comprehensive protocols are very much useful to reshape processes and be able to evaluate their results confronting theme with the needs. The proposal is to use theme as shared framework to make transition easier in airport projects development.

Discussion

BIM is considered the target platform for collaborative and integrated design. To pursue the 7D maturity related to green building, we need to define the information management plan (pGI) keeping in consideration the method used to define and manipulate sustainability management related data and their links within the model. Therefore the significant parameters have to be selected and to achieve a suitable level of definition. Adopting the Envision® protocol it can make immediately available such scheme to properly fill each technical section. It is previously necessary to define data supply responsible as well as all the involved stakeholders within such information process, the data exchange method within the ACDat (*Data Common Archive*) and the ACdoc (*Document Common Archive*) and the software operators involved (as requested by the UNI 11337:5 Italian standard for BIM management). In conclusion much of the problems again is arisen by the organization side that must be oriented to green building scheme. A robust scheme is needed to base the project and its organization.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Zofnass Program for Sustainable Infrastructure at Harvard.

References

- Demirkesen, S., Wachter, N., Oprach, S. and Haghsheno, S. (2019), "Identifying Barriers in Lean Implementation in the Construction Industry", *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 157-168.
- Esposito, M.A., Donato, A. and Bosi, F., (2019), "BIM e pratica collaborativa. Abilità e competenze per l'ambiente digitale", *AGATHÓN-International Journal of Architecture, Art and Design*, n. 05/2019, pp. 51-58.
- Esposito, M.A., Kiviniemi, A. and Bosi, F. (2018), *Tecnologie del Progetto di Architettura. Ri-modellazione di progetto e fabbricazione*, Didapress, Firenze, IT.
- Esposito, M. A., Bosi, F. and Sacks, R. (2018), "Leandri Terminal Operation Design", in González, V. A. (ed.), *Proceedings of the 26th Annual conference of the International Group for Lean construction. Evolving Lean construction towards Mature Production Management across cultures and Frontiers*, Chennai, India, 16-22 July 2018, International Group for Lean Construction, IIT Madras Chennai, India, vol. 1, pp. 593-602, available at: http://www.iglc2018.org/downloads/IGLC2018-Proceedings-Vol1_Vol2.pdf (accessed 16 March 2019).
- Eurostat (2018), "Digital transformation scoreboard 2018 EU businesses go digital: opportunities, outcomes and uptake", Publications Office of the European Union, Luxembourg, available at: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/Digital%20Transformation%20Scoreboard%202018_0.pdf (accessed 29 April 2019).
- Gandhi, P., Khanna, S. and Ramaswamy, S. (2016), "Which Industries Are the Most digital (and why)?", Harvard Business Review, available at: <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why?referral=00060> (accessed 29 April 2019).
- Manyika, J., Ramaswamy, S., Khanna, S., Sarrazin, H., Pinkus, G., Sethupathy, G. and Yaffe, A. (2015), "Digital America: The Tale of the haves and the have-mores", December 2015, Highlights available at: <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/Digital%20America%20A%20tale%20of%20the%20haves%20and%20have%20mores/Digital%20America%20Full%20Report%20December%202015.pdf> (accessed 16 March 2019).
- Mota, B., Biotto, C., Choudhury, A., Abley, S. and Kagioglou, M. (2019), "Lean Design Management in a Major Infrastructure Project in UK", *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland, 3-5 Jul 2019. pp 37-48.
- Pollalis, S., N., Georgoulas, A., Ramos, S. J. and Schodek, D. (eds.) (2013), *Infrastructure sustainability and design*. Routledge, New York, NY.

LA RICOSTRUZIONE POST-SISMA TRA MATERIALITÀ E TEMPORALITÀ: UN PROCESSO DAL PRODOTTO AL PROGETTO

Giovangiuseppe Vannelli¹, Daniele Spiniello²

Abstract

La ricostruzione post-sisma rappresenta un momento proficuo per la sperimentazione di progetti complessi che facciano di una temporalità molteplice un paradigma per un processo incrementale, adattivo e reversibile reso possibile dalle nuove frontiere del digitale e dall'impiego di sistemi off-site in Cold Formed Steel. Mediante la proposta di un "deposito in-sito" per la ricostruzione si ragiona, da un lato, sui rapporti possibili tra innovazione e cultura materiale e, dall'altro, sul rapporto tra progetto, processo e prodotto. Il contributo fa riferimento ad una ricerca di dottorato industriale in corso di svolgimento presso il DiARC in collaborazione con IRNDOM srl.

Keywords: Post-disastro, Processo, Temporalità, Sistemi off-site, Cold Formed Steel

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, giovangiuseppe.vannelli@unina.it

² Irondom s.r.l., spiniellodaniele@gmail.com

Dal progetto al processo: la temporalità (GV)

Il tema dell'emergenza post-disastro, per il suo innescare successive e repentine mutazioni di domande progettuali, diviene occasione per una riflessione metodologica circa la natura processuale del progetto d'architettura: appare necessario indagare il processo progettuale per poter ripensare ad un più complesso approccio al progetto. Soluzioni per un progetto di natura complessa possono essere individuate in una visione del progetto come processo che consideri, rispetto al parametro temporale, una matrice di input di partenza e di successive fasi che traccino possibili percorsi alternativi, non sempre prefigurabili nella loro interezza.

Se il "fine" del progetto per Argan va considerato come una "classe di fini possibili" (Argan, 1958), quello per "sistemi aperti" (De Carlo, 2013) e flessibili, che periodicamente ricorre nell'evoluzione della cultura del progetto, appare un approccio progettuale capace di affrontare la questione nella sua complessità. Affinché tale visione del progetto possa trovare compimento, è necessario ragionare per temporalità molteplici che siano capaci di relazionarsi a quelle ragioni «di tipo sociologico [...], tecnologico [...], e ragioni che si riferiscono all'organizzazione e alla qualità delle forme» (De Carlo, 2013) richiamate da De Carlo nel motivare la scelta dei sistemi aperti.

Un processo progettuale aperto sembra essere la risposta plausibile alla società della complessità e dell'informazione per rispondere alle continue e rapide mutazioni che la connotano. Così, l'architetto è chiamato a verificare costantemente le sue ipotesi, le scelte e le possibili modificazioni in quel processo euristico che deve tenere insieme le questioni formale, funzionale e tecnica (Nardi, 1986).

Nell'era digitale, la gestione di temporalità molteplici, in un progetto che si fa processo, diviene occasione d'esaltazione di potenzialità e valori introdotti dagli avanzamenti tecnici e tecnologici nella gestione del processo, considerato nella sua complessità come una continua ri-progettazione. I processi digitali che ormai permeano tutti gli ambiti del progetto di architettura consentono una nuova interpretazione e gestione del parametro "tempo" mediante «la dimensione della temporaneità [...] che trova differenti e più ampie declinazioni in termini di temporaneità d'uso, temporaneità di localizzazione e temporaneità costruttiva» (Bologna, 2018).

L'innovazione per una nuova cultura materiale (GV)

L'emergenza post-disastro diviene un'occasione di sperimentazione per processi di innovazione che interagiscono con stili di vita, cultura materiale di specifici contesti e caratteristiche insediative che si trovano ad essere all'improvviso, per eventi estremi, trasformati profondamente nel senso dell'abitare. Tale tema acquisisce una rilevanza al contempo sociale e progettuale allorquando per far fronte all'emergenza bisogna pensare a nuove residenze e insediamenti che, per necessità di tempi e costi, devono impiegare prodotti edilizi di tipo industriale. Questa condizione rimette in campo, anche se con accenti inevitabilmente diversi dettati dalla particolarità degli eventi calamitosi, le relazioni tra le unità abitative industrializzate e le necessità delle popolazioni colpite. Ritornano le parole di Ernesto Nathan Rogers che ricordava, anche se in termini generali e agli albori dell'industrializzazione edilizia in Italia, quanto fosse difficile «conciliare industrializzazione e umanità della casa» (Rogers, 1958) riuscendo a stabilire i limiti di rispetto tra individuo e collettività, tenendo conto delle diverse abitudini sociali e dei paesaggi: ancora oggi, e soprattutto in condizioni di emergenza, si richiedono flessibilità, componibilità, versatilità secondo sistemi edilizi concepiti come parti da comporre e non come posizioni risolte.

I livelli di industrializzazione per l'edilizia sono oggi indirizzati verso nuovi scenari e la specificità degli eventi calamitosi richiede approfondimenti e scelte puntuali. Se si pensa alle nuove occasioni offerte dalla customizzazione (Naboni, Paoletti, 2014), inscritte in una più ampia visione di un progetto aperto, il rapporto tra industrializzazione e il riconoscimento di una molteplicità di paesaggi, di comunità e di individui che devono riconoscersi nelle architetture che abitano è una questione che oggi ha sicuramente modo di trovare più appropriate risposte.

L'adozione di processi digitali nelle prassi del progetto d'architettura per l'emergenza deve tendere ad un coerente equilibrio tra aspettative, limiti e priorità, così da poter innescare avanzamenti e sperimentazioni sia nella concezione, sia nella produzione che nella gestione del progetto. La sfida da cogliere nell'attuale evoluzione dei processi produttivi industrializzati può essere individuata nel valore aggiunto derivante dall'utilizzo dei processi digitali nella filiera delle costruzioni poiché «il mondo digitale non costituisce un elemento separato dal mondo fisico, ma diventa l'interfaccia chiave per l'esplorazione mate-

riale e viceversa» (Russo Ermolli, 2020).

In relazione all'evoluzione dei prodotti industrializzati per l'architettura e alla transizione verso processi digitali, con la customizzazione, ad esempio, risultano ridefinite possibilità e modalità di interazione tra la dinamica cultura del progetto e la cultura materiale «che è per sua natura ripetitiva, diffusa, sedimentata, e per questo assimilata e accettata» (Nardi, 1994). La ricostruzione post-disastro può essere individuata come momento proficuo per indagare il valore del «binomio cultura-materia [che] trova paradossalmente proprio nell'instabilità, nella variazione, nel dinamismo che caratterizzano il tempo storico in cui viviamo [che risultano accentuati nel progetto per l'emergenza] le sue qualità più specifiche e riconoscibili» (Bertoldini, 2003). Il processo progettuale per la ricostruzione dovrebbe far proprio il binomio cultura-materia per meglio radicarsi nei luoghi, al fine di introdurre ed instillare l'innovazione in modo che non venga rigettata come si è verificato in passato.

Così, il tema progettuale della temporalità, la digitalizzazione dei processi progettuali, gestionali e produttivi e le innovazioni del settore industriale per le costruzioni divengono gli elementi posti alla base di un'indagine circa la ricostruzione post-disastro che ricerca una possibile innovazione di quel binomio cultura-materia, di così grande rilevanza in condizioni post-emergenziali. Per la necessità di ragionare su rapidità di montaggio, leggerezza, trasportabilità, riciclabilità e possibilità di riuso, certamente soluzioni appropriate vanno ricercate nell'ambito delle costruzioni a secco *off-site*. Molteplicità e integrabilità delle tecniche sono requisiti fondamentali per la gestione di un processo complesso di così ampia e variabile scala. Tra le molteplici alternative il *Cold Formed Steel* si può individuare quale sistema di interesse per leggerezza, disassemblabilità, riciclabilità e possibilità di riutilizzo.

Dunque, nell'ipotesi dell'impiego di strutture a secco realizzate in CFS – posta alla base della ricerca di dottorato in corso – si individua un'occasione per un processo progettuale per l'emergenza post-sisma che si configuri non solo quale fase temporanea precedente alla fase di ricostruzione ma come temporalità variabili di un flusso continuo di ri-progettazione: occasione d'innovazione per quel binomio cultura-materia a partire dalla cultura materiale dei vari contesti.

Le strutture *off-site* in CFS: requisiti e vantaggi della costruzione a secco (DS)

Materiali, prodotti e processi di matrice industriale stanno assumendo sempre maggiore importanza nel settore delle costruzioni per via della pressione normativa sui temi della riduzione dei consumi energetici, della riduzione dell'impiego delle materie prime e dell'incentivazione di materiali facilmente riciclabili e con riciclato all'interno. In questo ambito si iscrive perfettamente il *Cold Formed Steel*: materiale notevolmente leggero impiegato nella produzione di strutture *off-site*. Gli elementi modulari preassemblati possono essere trasportati in cantiere con facilità e consentono di ridurre le operazioni *on-site* al solo montaggio. Dunque l'ingegneria degli elementi diviene centrale al fine di massimizzare lo spostamento *off-site* di una cospicua parte delle lavorazioni, comportando benefici all'intero processo.

Lo *steel frame* è impiegato in sistemi costruttivi con tecnologia stratificata a secco, caratterizzata da unioni meccaniche di componenti accuratamente progettati. Nelle costruzioni a sec-

co si esaltano anzitutto reversibilità e riutilizzabilità, ed inoltre risultano essere aspetti rilevanti: la componibilità, la riduzione dei tempi e dei costi, l'elevato controllo della qualità durante la fase di produzione, la semplicità e la velocità nel montaggio delle strutture in cantiere, la sostenibilità ambientale sull'intero ciclo di vita del manufatto, la possibilità di personalizzazione e la riduzione degli scarti.

Dunque, nonostante tale sistema costruttivo abbia dei limiti di carattere strutturale – ad esempio circa il numero di piani fuori terra o le luci delle campate – i manufatti con struttura portante in *steel frame* consentono di soddisfare i requisiti sopracitati con qualità molto elevate e secondo standard di nuova concezione.

Il processo progettuale nell'era digitale: nuove opportunità tra prodotto, progetto, processo (DS)

Nell'ambito della Quarta rivoluzione industriale il settore *Architecture, Engineering and Construction* è messo in discussione nelle sue prassi consolidate. L'AEC risulta rivoluzionato da un processo di coordinamento tra vari sistemi integrati per la gestione del processo progettuale (*Building Information Modeling*). Inoltre, di notevole interesse è lo stretto legame che intercorre tra modellazione virtuale e produzione reale, in un passaggio diretto definito *file to factory*, in cui le informazioni necessarie sono trasmesse a macchine utensili a controllo numerico computerizzato (*Computer Aided Manufacturing*). Si adottano dunque, contestualmente, diverse tecnologie abilitanti fondendo, di fatto, realtà virtuale e produzione industriale.

Queste innovazioni fanno sì che il comparto, classicamente più riluttante all'innesto di novità tecnologiche, tenda ad allinearsi al resto dei settori produttivi prediligendo costruzioni industrializzate. Il passaggio non è di semplice ed immediata realizzazione, di contro i vantaggi risultano evidenti per l'impatto positivo sui tempi di realizzazione delle opere, sui costi di costruzione e soprattutto di gestione, oltre che per i benefici di tipo ambientale. D'altra parte, a valle del nuovo Codice degli Appalti, l'utilizzo delle metodologie BIM è divenuto obbligatorio e si afferma sempre più sia nelle prassi che nelle teorie innescando un circolo virtuoso che si alimenta reciprocamente.

La sinergia tra ambiente BIM, dove le informazioni sono condivise e proprie degli oggetti, e i sistemi CAD/CAM, che permettono di ottenere un prodotto artigianale industrializzando il processo, consente un'ottimizzazione della filiera progettuale-produttiva in un mondo nuovo delle costruzioni dove diviene tangibile la stretta connessione tra progettazione, produzione e realizzazione. L'evoluzione della prefabbricazione è la customizzazione, con la quale si passa da una produzione di massa ad una personalizzazione diffusa, da una democratizzazione del prodotto ad una democratizzazione della produzione.

Il processo digitalizzato e *BIM-based* diventa occasione per gestire e verificare l'intera filiera progettuale, in un'ottica di interoperabilità tra le varie figure coinvolte e per l'individuazione corretta dei flussi di lavoro tracciabili, così pure per una migliore gestione del cantiere, per i rapporti con la committenza e la futura gestione del manufatto costruito (*il facility management*).

In quest'ottica, l'innovazione complessiva portata avanti da realtà industriali come quella di Irondom¹ riguarda al contempo il prodotto e il progetto. Questi, infatti, si innovano in parallelo e vicendevolmente, con un'innovazione che risiede anzitutto nel processo. L'esperienza di una piccola e media impresa nel settore delle costruzioni mostra la possibilità di definire un "BIM customizzato" in cui modello architettonico, strutturale e

¹ Irondom è una startup che realizza strutture stratificate a secco con pannelli portanti in steel frame ed è parte del "gruppo Mastantuoni", impegnato nella lavorazione di metalli laminati.

impiantistico siedono allo stesso tavolo. Tale peculiarità rappresenta un'occasione per gestire al meglio, in questa fase sperimentale, le logiche processuali BIM tenendo insieme prodotto, progetto e processo.

Nel caso in questione, l'innovazione di processo è premessa per una lavorazione non complessa e non invasiva. Un nastro di lamiera zincata è la materia prima che giunge in officina sotto forma di rotoli (*coils*). Dal nastro al prodotto finale il ciclo produttivo avviene mediante un processo di lavorazione in continuo, attraverso l'impiego di un'unica macchina utensile che esegue tutte le operazioni necessarie comandate dal software di modellazione. Tale software², oltre alla creazione del "file macchina", permette anche di generare i grafici di assemblaggio delle strutture in officina e di montaggio in cantiere. L'assemblaggio, rapido e preciso grazie alle lavorazioni automatizzate, avviene mediante viti di tipo autofilettante o autopercorante; ciò risulta di fondamentale importanza al fine del riutilizzo della struttura.

Dunque, l'aspetto realmente innovativo non consiste tanto nel materiale o nelle singole operazioni elementari di ingegneria, produzione e posa bensì risiede nel processo.

Un "deposito in-sito": un processo dal prodotto al progetto (GV)

La ricerca cui il contributo fa riferimento indaga il progetto nella sua natura processuale e transcalare e nelle sue molteplici temporalità, al fine di avanzare una proposta di metodologia progettuale che trova come dominio di sperimentazione la progettazione con sistemi *off-site* in *Light Steel Frame* per l'emergenza post-catastrofe. Si propone, dunque, un progetto aperto, che impieghi sistemi in CFS esaltandone leggerezza e reversibilità, concepito secondo una visione processuale e multiscalare che si può agevolmente gestire mediante la definizione di database informativi digitali.

La proposta fa riferimento alla possibilità offerta da tali sistemi – per i requisiti di componibilità e reversibilità – di divenire materiale da impiegare nelle diverse temporalità della ricostruzione con logiche incremental, reversibili ed adattive consentite dalla costruzione a secco. Eppure «la vera novità non è tanto (o non solo) nel nuovo "prodotto" *off-site*, quanto piuttosto nei contenuti *soft* che strutturano le nuove processualità di produzione-costruzione» (Russo Ermolli, 2020). Proprio questi contenuti informativi divengono lo strumento che rende possibile una innovativa gestione di un progetto complesso come quello dell'emergenza post-disastro interpretato in chiave processuale. In questa direzione, il progetto, coadiuvato e gestito mediante processi digitali *BIM-based*, punta a velocizzare e a semplificare la realizzazione con processi *file to factory*, a favorire l'interoperabilità degli attori, la gestione circolare della costruzione e la strutturazione di una visione processuale del progetto relativa alle diverse temporalità.

La proposta, inoltre, si fa occasione di sperimentazione per azioni di rilancio economico al fine di far interagire in maniera proficua innovazione e culture materiali. Nei processi di *recycle*, *upgrade* e *upcycle* (McDonough, Braungart, 2013) delle architetture e degli insediamenti, che si ipotizza possano scandire la gestione complessa del progetto post-emergenziale, si individua un'occasione, da un lato, per l'impiego di materiali a chilometro 0 (un esempio per tutti, l'uso della paglia come isolante) e, dall'altro, per sperimentazioni di tecniche che riattualizzino le culture materiali. A supporto di questa ipotesi vi è la possibilità di stabilire temporanei insediamenti produttivi di sistemi in CFS

che potrebbero innescare la definizione di un più ampio network – che rimandi alla logica dei FabLab – che ambisca ad un nuovo modello industriale integrato nel tessuto urbano (Naboni, Paoletti, 2014). Ciò sia al fine di contribuire alla riattivazione delle filiere produttive, sia come espediente per un coinvolgimento attivo degli *stakeholder* locali che miri alla sperimentazione di processi iterativi e ricorsivi di customizzazione. Si ritiene dunque che una serialità non-standard, coadiuvata da un approccio progettuale attento alla scala urbana, possa individuare possibili scenari adattivi che sappiano rispondere ad istanze mutevoli e molteplici.

Allo scopo di definire possibili nuovi scenari evolutivi rispetto alle attuali prassi produttive e progettuali, le molteplici e variabili temporalità del processo proposte (in alternativa al semplicistico "progetto temporaneo") fanno sì che la residenza provvisoria assemblata per la fase post-emergenziale possa essere reinterpretata, da un lato, come momento di innovazione e integrazione delle culture materiali e, dall'altro, come un deposito di materiale soggetto a possibili modificazioni e riconfigurazioni. In tal senso si ritiene di interesse la possibilità di formare facilmente operatori che possano prender parte ai processi di assemblaggio e disassemblaggio degli elementi delle unità residenziali in CFS. Tali interventi si ipotizza possano avvenire con differenti gradi di modificazione: *upgrade* prestazionali che intervengono sulla stratigrafia dell'involucro, ricomposizioni o aggiunte di nuovi elementi, smontaggio totale dei componenti in CFS e degli elementi della stratigrafia al fine di riutilizzarli altrove per costruire residenze permanenti e/o altre tipologie di edifici o, ancora, per reimpiegarli in progetti sul costruito nei processi di ricostruzione delle strutture danneggiate.

In conclusione, la proposta metodologico-progettuale di un "deposito in-sito" – grazie all'introduzione della customizzazione nelle prassi produttivo-progettuali e delle innovative tecniche digitali di gestione del processo edilizio – prefigura la possibilità di definire sistemi residenziali aperti per la fase di post-emergenza che siano incremental, adattivi e reversibili: un patrimonio, anche nel senso monetario, capace di rendere possibili scenari complessi e dinamici.

References

- Argan, G. C. (1958), *Enciclopedia Universale dell'Arte, Voce: progetto*, Sansoni, Firenze, IT.
- Bertoldini, M. (2003), "La cultura materiale tra ricerca e progetto", in Bertoldini, M. (ed.), *Saperi e saperi. Teorica e pratica nel progetto di architettura*, Libreria CLUP, Milano, IT, pp. 189-205.
- Bologna, R. (2018), "Complementarità fra permanente e temporaneo", *Agathòn*, vol. 4, pp. 81-88.
- De Carlo, G. (2013), *L'architettura della partecipazione*, Quodlibet, Macerata, IT.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2013), *The Upcycle: Beyond Sustainability*, Farrar, Straus and Giroux, New York City, USA.
- Naboni, R. and Paoletti, I. (2014), *Advanced customization in architectural design and construction*, Springer, Londra, UK.
- Nardi, G. (1986), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, FrancoAngeli, Milano, IT.
- Nardi, G. (1994), "La cultura del progetto in architettura oggi", in La Creta, R. and Truppi C. (ed.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, FrancoAngeli, Milano, IT, pp. 126.
- Rogers, E.N. (1958), *Esperienza dell'architettura*, Einaudi Editore, Milano, IT.
- Russo Ermolli, S. (2020), *The digital culture of architecture*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), IT.

2 Il software che coordina l'intero processo è Revit, con l'applicativo MWF di StrucSoft. Questa sinergia permette la modellazione e l'invio diretto in produzione di un progetto in CFS, permettendo di concretizzare il file to factory.

LA MODELLAZIONE INFORMATIVA PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI DEGLI EDIFICI nZEB

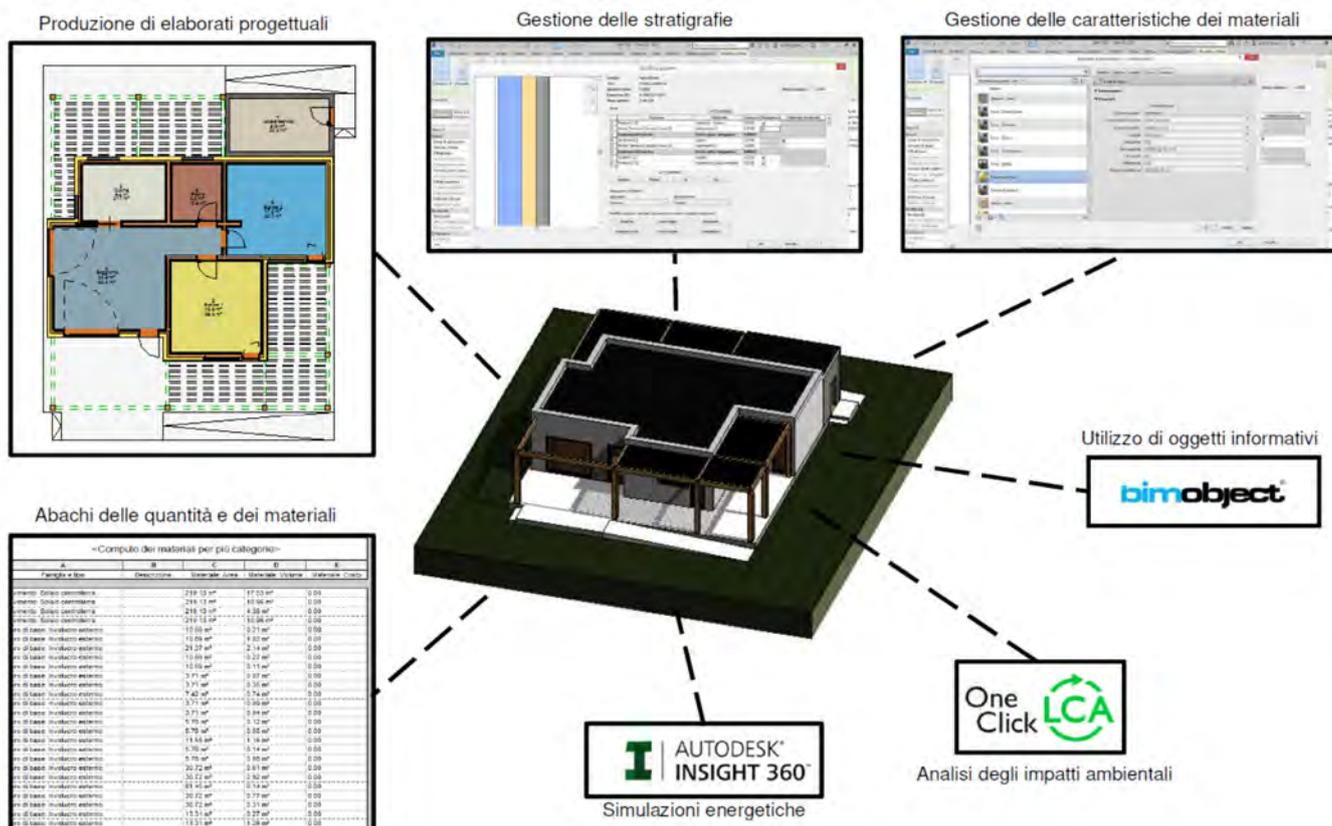
Alessandro Claudi de Saint Mihiel¹, Enza Tersigni², Alessio D'Ambrosio³

Abstract

Gli scenari della ricerca digitale e delle sue ricadute operative vedono nell'integrazione fra innovazione tecnologica, tecnologie digitali, l'approccio al ciclo di vita e la valutazione ambientale basata sul metodo LCA un percorso d'innovazione ambientale che va in direzione di una visione sistemica della sostenibilità capace di relazionare tecnologia e ambiente in una prospettiva co-evolutiva. Il contributo - partendo dalla digitalizzazione del progetto dimostratore della ricerca Smart Case, una cellula abitativa nZEB - intende evidenziare, come l'informatizzazione del progetto/processo integrato all'utilizzo di strumenti valutativi, possa indirizzare scelte di carattere tecnico-operativo orientate alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Keywords: nearly Zero Energy Building, Information Modeling, Life Cycle Assessment, Processo edilizio, Qualità architettonica

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, alessandro.claudi@unina.it
² DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, enza.tersigni@unina.it
³ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, arch.alessiodambrosio@gmail.com



Lo scenario di riferimento

Le nuove sfide aperte dalla digitalizzazione del settore AECO (*Architecture, Engineering, Construction and Operative*) producono significativi cambiamenti delle dinamiche dei processi di modificazione dell'ambiente costruito. Le frontiere tecnologiche dell'industria 4.0, l'interoperabilità e le simulazioni di performance reali e virtuali costituiscono la cifra del cambiamento in atto. Analizzare, simulare, confrontare preventivamente possibili scenari progettuali, permette di gestire, controllare e veicolare il processo decisionale durante la fase di progettazione, comportando così un mutamento radicale della cultura del progetto. Si può affermare che l'epoca delle tecnologie dell'informazione ha aperto un ventaglio di sfide che riguardano sia i metodi che i modi in cui progettiamo città, architetture, oggetti, investendo in modo diretto i modi di produrre e costruire, vivere, abitare.

In rispondenza alle attuali criticità ambientali, unitamente all'evoluzione delle tecnologie digitali, l'obiettivo è quello di integrare approcci, metodologie e strumenti in grado di prefigurare una diversa visione progettuale, dove il progetto di manufatti ad alte prestazioni energetiche (nZEB) viene processato e gestito mediante tecnologie digitali (BIM), effettuando valutazioni finalizzate alla mitigazione degli impatti ambientali degli interventi sull'habitat, ricorrendo a un approccio basato sul ciclo di vita di prodotti/manufatti (LCA).

Il contributo intende evidenziare, come l'informatizzazione del progetto/processo (che permette di processare una grande quantità di informazioni desunte dalla modellizzazione del progetto/processo stesso), integrato all'utilizzo di strumenti valutativi, possano indirizzare scelte di carattere tecniche e operative orientate alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Nel caso specifico, partendo dalla digitalizzazione del progetto dimostratore della ricerca *Smart Case*¹, una cellula abitativa *nearly zero energy*, e misurandone gli impatti in termini di *global warming*, *primary energy* ed *embodied carbon*, riferiti all'intero ciclo di vita del manufatto (dall'approvvigionamento dei materiali da costruzione alla fase di dismissione), sono state individuate le scelte progettuali e realizzative che hanno inciso maggiormente in termini di impatto ambientale. La sperimentazione è consistita nel proporre soluzioni migliorative per la riduzione di tali impatti lungo l'intero processo edilizio. Il confronto tra le due soluzioni ha permesso quindi di trarre significative conclusioni inerenti molteplici aspetti.

Nello scenario delineato il contributo della ricerca e della progettazione tecnologica dell'architettura è riferito ad ambiti di approfondimento inerenti alcune questioni metodologiche e operative nel rapporto che si istituisce fra le molte dimensioni dell'innovazione e il progetto di architettura.

«Il quadro che oggi si profila, e intorno al quale ruotano tutte le strategie dei paesi in competizione con il nostro, è quello di un mercato connotato dalle economie della digitalizzazione e della massimizzazione delle strategie di sostenibilità sociale, economica, ambientale. La digitalizzazione del settore, già interpretata come l'espressione più tangibile della quarta rivoluzione industriale è destinata a condizionare radicalmente i processi progettuali, tanto nei contenuti quanto nei metodi di elaborazione. E non intendo nelle tecniche rappresentative, ma nei processi decisionali di natura progettuale che essi sottendono» (Del Nord, 2016).

In questo senso, attraverso Industria 4.0, deriveranno inno-

vazioni tecnologiche, organizzative e di approccio ai mercati. Se nel passato le rivoluzioni industriali hanno valorizzato le economie di scala, oggi attraversiamo una fase in cui diventa cruciale l'intensità di conoscenza. Nella rivoluzione digitale appare tutta la "non linearità" della cultura contemporanea; l'uscita dalle limitazioni dello specialismo disciplinare, rappresentano alcune delle caratteristiche positive riscontrabili nell'era digitale: l'informazione è sempre più presente, interattiva e disponibile in tempo reale, con sempre meno limiti e confini tra i diversi campi. In altri termini è necessario capire se questa la rivoluzione evidenzia, ancora una volta, la crisi della modernità o segna piuttosto una fase di essa in cui la frammentazione delle funzioni, tipica del moderno, è sostituita dalla "sincronizzazione simultanea", da un sistema integrato di informazioni che ci consente elaborazioni unificate di esperienze (Sacchi and Unali, 2003).

Integrazione BIM e analisi LCA per la valutazione dell'impatto ambientale di una cellula abitativa nZEB

Nello scenario della profonda crisi climatica che sta investendo il nostro pianeta, termini quale *green economy*, sostenibilità, impatto zero, energia rinnovabile e molti altri ancora, sono ormai divenuti espressioni di frequente utilizzo alla base di un rinnovato pensiero ambientalista in grado di reinventare gli usi, costumi e tradizioni, e allo stesso tempo lo sviluppo industriale, economico e sociale della società contemporanea. Rispetto a tale quadro, il settore delle costruzioni ha un duplice ruolo in relazione agli impatti sull'ambiente: antagonista, rappresentando il maggiore produttore di emissioni climalteranti su scala globale con un peso pari a circa il 40% delle emissioni totali; protagonista, essendo uno dei principali settori trainanti l'economia mondiale e quindi in grado di condizionare fortemente i processi industriali ed economici.

L'attuale apparato normativo europeo e nazionale, in rispondenza all'esigenza di riduzione delle emissioni climalteranti del settore edilizio, ha improntato le sue azioni d'intervento attraverso una serie di leggi e direttive mirate all'attenuazione dei consumi energetici degli edifici esistenti, sostenendo e programmando interventi di retrofit e costruzione ex-novo innalzando gli standard prestazionali di riferimento.

La riduzione delle emissioni climalteranti degli edifici è strettamente legata all'introduzione di soluzioni di *passive design* e *active design*, capaci di ridurre in modo significativo i consumi energetici, rendendoli quasi pari a zero, ossia nZEB – *nearly Zero Energy Building*.

Prefigurare possibili scenari e informatizzare il progetto/processo sono i punti di forza della modellazione informativa ed è proprio per queste peculiarità che l'integrazione tra BIM (*Building Information Modeling*) e LCA (*Life Cycle Assessment*) a supporto di un orientamento progettuale nZEB assume un ruolo centrale nello sviluppo di un diverso approccio alla progettazione che miri ad ottimizzare funzionalità, sostenibilità e qualità del progetto stesso.

Se da un lato la diffusione della metodologia BIM ha ormai raggiunto un discreto livello in ambito professionale, il *Life Cycle Assessment*, a causa di diversi limiti – fra cui l'incertezza dei dati di riferimento per le valutazioni, l'assenza di un linguaggio comune e la soggettività delle operazioni ed analisi che entrano in gioco – stenta a divenire uno strumento di valutazione ampiamente adottato nel settore edilizio. La Commissione Eu-

1 Il progetto di ricerca Smart Case - Soluzioni innovative multifunzionali per l'ottimizzazione dei consumi di energia primaria e della vivibilità indoor nel sistema edilizio - sviluppato all'interno del Consorzio STRESS Scarl - Distretto ad alta tecnologia per le costruzioni sostenibili – ha rappresentato un percorso di ricerca nel quale il processo di trasferimento tecnologico, nell'accezione di trasmissione di conoscenze e competenze, ha veicolato un'innovazione tecnologica fondata su avanzate modalità di aggregazione e su capacità di "fare sistema" fra mondo imprenditoriale e strutture di ricerca.

ropea mediante il rilascio nel 2017 dello schema LEVEL(s) ha inteso delineare un approccio comune basato sull'integrazione degli attuali protocolli di sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici (*rating systems*) di livello nazionale o internazionale (come *Leed, Breeam, Casaclima, Itaca, Well*), incoraggiando l'applicazione del concetto del ciclo di vita (LCA) all'intero edificio e ritenendolo ad oggi l'unico strumento scientifico e decisionale di supporto alla progettazione per controllare e ridurre gli impatti ambientali.

Nei processi decisionali l'integrazione tra BIM e LCA costituisce un nuovo paradigma operativo in grado di ottimizzare le capacità di valutazione dell'impatto ambientale dei manufatti già dalle fasi iniziali del progetto. Alla modellazione informativa si associano capacità di condurre analisi e verifiche basate su dati oggettivi, abilitanti possibilità di formulare domande circostanziate circa comportamenti e impatti delle alternative progettuali in rapporto a determinate condizioni al contorno, consentendo di passare da approcci del tipo *if then* a quelli del *what if?* (Saggio, 2007).

Da un lato, l'uso del BIM permette di avere una risorsa di conoscenze aperte alla condivisione e a usi molteplici, supporto per lo sviluppo di progetti costantemente aggiornati e interrogabili in ogni fase del processo e per la scelta di azioni fondate su basi informative circostanziate lungo tutta la vita dell'edificio (Krinshnamurti et al., 2014). Dall'altro, il LCA riesce a simulare, mediante analisi complesse e multidisciplinari, i diversi impatti ambientali di prodotti/processi/servizi in funzione di una molteplicità di aspetti che caratterizzano l'oggetto in analisi. La possibilità di integrare i due metodi, collegando ai processi edilizi, componenti e/o materiali previsti in un progetto, con informazioni e impatti ambientali di prodotti/processi/servizi ottenuti attraverso l'attuazione di molteplici LCA sui componenti e/o materiali utilizzati nel progetto stesso, consente di analizzare i carichi ambientali, permettendo di apportare modifiche utili alla

mitigazione degli impatti (Lavagna, 2008).

Il contributo riporta una sintesi di risultati ottenuti nella sperimentazione di un'applicazione BIM-LCA sul progetto dimostratore della ricerca *Smart Case*. L'obiettivo della sperimentazione è l'analisi mediante LCA gli impatti ambientali della cellula abitativa nZEB realizzata a Benevento nel 2018, individuando le scelte progettuali e realizzative che hanno inciso maggiormente in termini di impatto ambientale e ipotizzando soluzioni migliorative per la riduzione di tali impatti lungo l'intero processo edilizio (Fig. 1).

Il processo di analisi ha previsto la modellazione in BIM della cellula abitativa (attraverso il software *Autodesk, Revit Architecture*) e la valutazione attraverso un applicativo interoperabile per le analisi LCA (con il software *Bionova Ltd, One Click LCA*). Gli step del processo di analisi hanno previsto: l'analisi dello stato di fatto; la valutazione degli impatti e la scelta delle soluzioni migliorative; il confronto dei risultati.

I risultati delle analisi LCA hanno fatto emergere delle criticità rispetto alla valutazione di impatto ambientale dell'edificio nZEB. La cellula abitativa, pur avendo ottenuto certificazioni per le elevate prestazioni energetiche, è caratterizzata da un peso ambientale elevato se si fa riferimento all'intero ciclo di vita dell'edificio e dei suoi componenti. In particolare, i risultati della valutazione stimano per l'edificio realizzato (Fig. 2):

- circa 255 tonnellate di CO₂ eq rilasciata in atmosfera;
- circa 3 milioni di megajoule (MJ) di energia utilizzata;
- un'impronta di carbonio pari a 2346 kg CO₂ eq/m².

Analizzando nel dettaglio le soluzioni progettuali caratterizzate da una maggiore incidenza sull'impatto ambientale dell'edificio, il sistema di fondazione ha restituito un peso ambientale estremamente alto a causa della presenza di un vespaio ventilato realizzato con casseforme modulari in plastica (Fig. 3).

Diverse alternative progettuali sono quindi state simulate

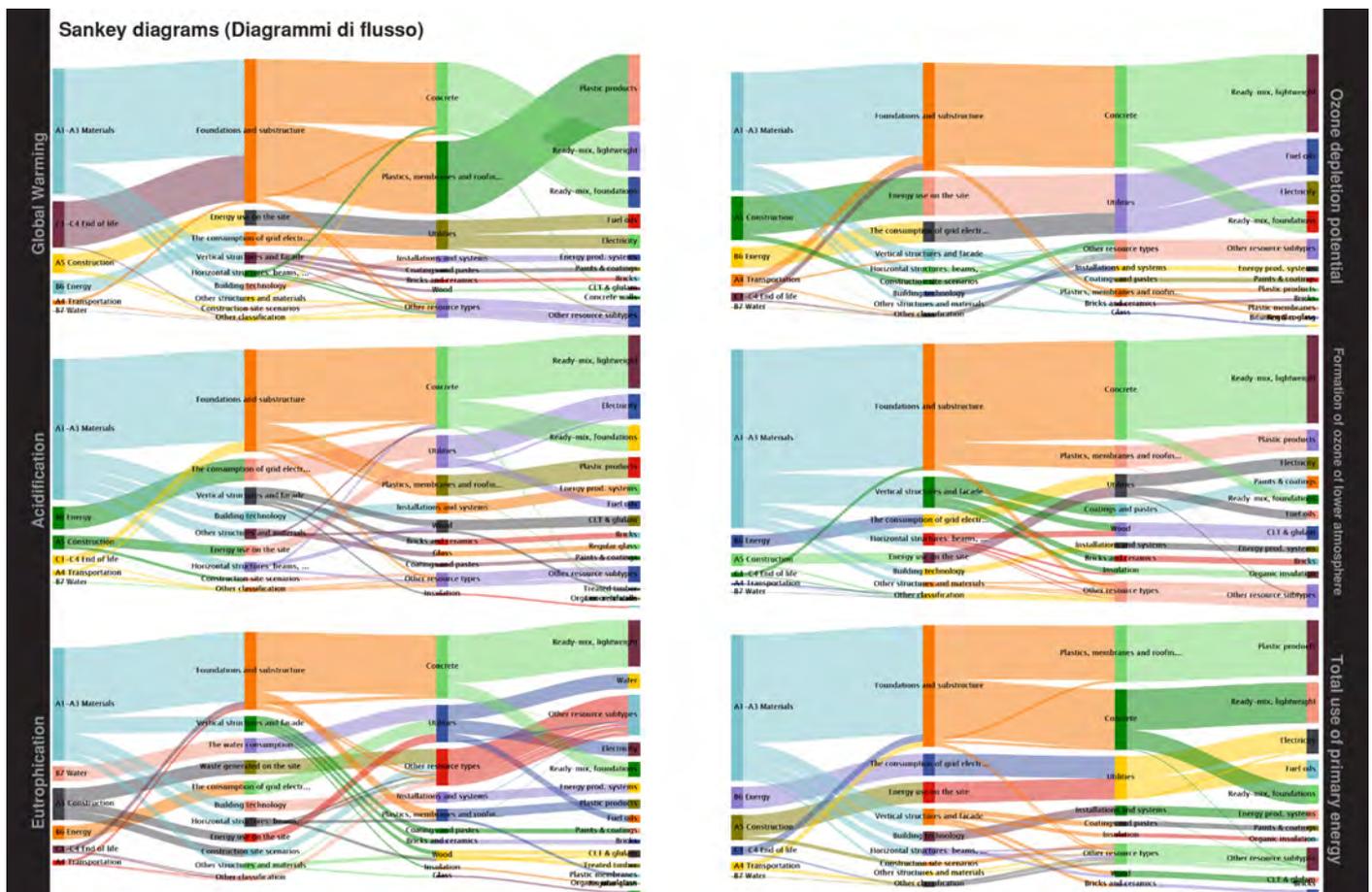


Fig. 2

sulla base della quantità di anidride carbonica equivalente emessa in atmosfera durante la produzione, il trasporto e la posa in opera, al fine di ridurre il carico ambientale della cellula abitativa. Mantenendo invariata la distribuzione degli spazi, sono state definite fra le principali soluzioni migliorative una fondazione a plinti collegati con intercapedine formata dall'impalcato del solaio di calpestio e una struttura portante intelaiata con travi e pilastri in legno (come alternativa alla struttura portante in pannelli XLAM). È da precisare che nella scelta di soluzioni migliorative non sono stati presi in considerazione solo materiali locali, strategia invece perseguita nel progetto *Smart Case*.

I risultati ottenuti nel ricalcolo delle valutazioni LCA hanno restituito un notevole decremento delle stime relative allo stato di fatto (Fig. 4):

- da 255 tonnellate a 110 tonnellate di CO₂ eq rilasciate, con una riduzione pari al 57%;
- da 3 milioni a 1,7 milioni di megajoule (MJ) di energia utilizzata, con una riduzione pari al 43%;
- da 2346 a 764 kg CO₂ eq/m² l'impronta di carbonio, con una riduzione pari al 68%.

La sperimentazione sulla cellula abitativa *Smart Case* ha consentito di effettuare alcune riflessioni sulle potenzialità della modellazione informativa per la mitigazione degli impatti ambientali degli edifici nZEB e sui risultati ottenuti.

Il modello BIM del progetto, quale prototipo virtuale delle soluzioni architettoniche, tecniche e impiantistiche, consente di implementare con modalità semplificate analisi LCA caratterizzate da un'elevata complessità computazionale. Tale processo necessita tuttavia di un considerevole lavoro d'inventario e catalogazione degli impatti ambientali legati ai materiali, ai sistemi, ai componenti e alle lavorazioni previste.

Rispetto alle scelte relative ai materiali da costruzione, i risultati hanno dimostrato come l'utilizzo di materiali locali non risulti essere necessariamente l'opzione più sostenibile se si con-

sidera l'impatto sull'intero ciclo di vita dei prodotti edilizi (Fig. 5).

Infine, la valutazione ha dimostrato come un edificio dalle elevate prestazioni energetiche e certificato nZEB, non sempre possa essere considerato sostenibile in un'ottica *Life Cycle Approach* che connota in chiave eco-compatibile l'intero processo edilizio. È necessario quindi che il settore delle costruzioni, superata la leva dell'efficienza energetica, miri a nuovi obiettivi orientati verso una visione sistemica della sostenibilità (Campioli, Lavagna, 2013), attraverso percorsi di innovazione ambientale supportati dallo sviluppo di tecnologie digitali in una prospettiva co-evolutiva (Fig. 6).

Sviluppi futuri

Gli scenari della ricerca digitale e delle sue ricadute operative, vedono nell'integrazione fra innovazione tecnologica, tecnologie digitali, l'approccio al ciclo di vita e la valutazione ambientale basata sul metodo LCA un percorso d'innovazione ambientale che va in direzione di una visione sistemica della sostenibilità, elaborando una diversa cultura del progetto, in grado di relazionare tecnologia e ambiente, legandoli sinergicamente in una prospettiva co-evolutiva e interessando aspetti quali l'economia circolare, la sostenibilità dei prodotti e dei processi di produzione.

Il settore delle costruzioni è tuttavia ad oggi fra quelli meno industrializzati e, di conseguenza, meno digitalizzati in confronto ad altre realtà produttive e se si guarda all'intero ciclo di vita degli edifici, l'applicazione diffusa di approcci *life cycle-based* per la valutazione degli impatti ed emissioni è ancora lontana.

Rispetto a futuri sviluppi nella gestione dei processi decisionali lungo l'intero ciclo di vita delle componenti dell'ambiente costruito e nella valutazione della sostenibilità ambientale rispetto ad approcci *life cycle* permangono diverse criticità. Un primo

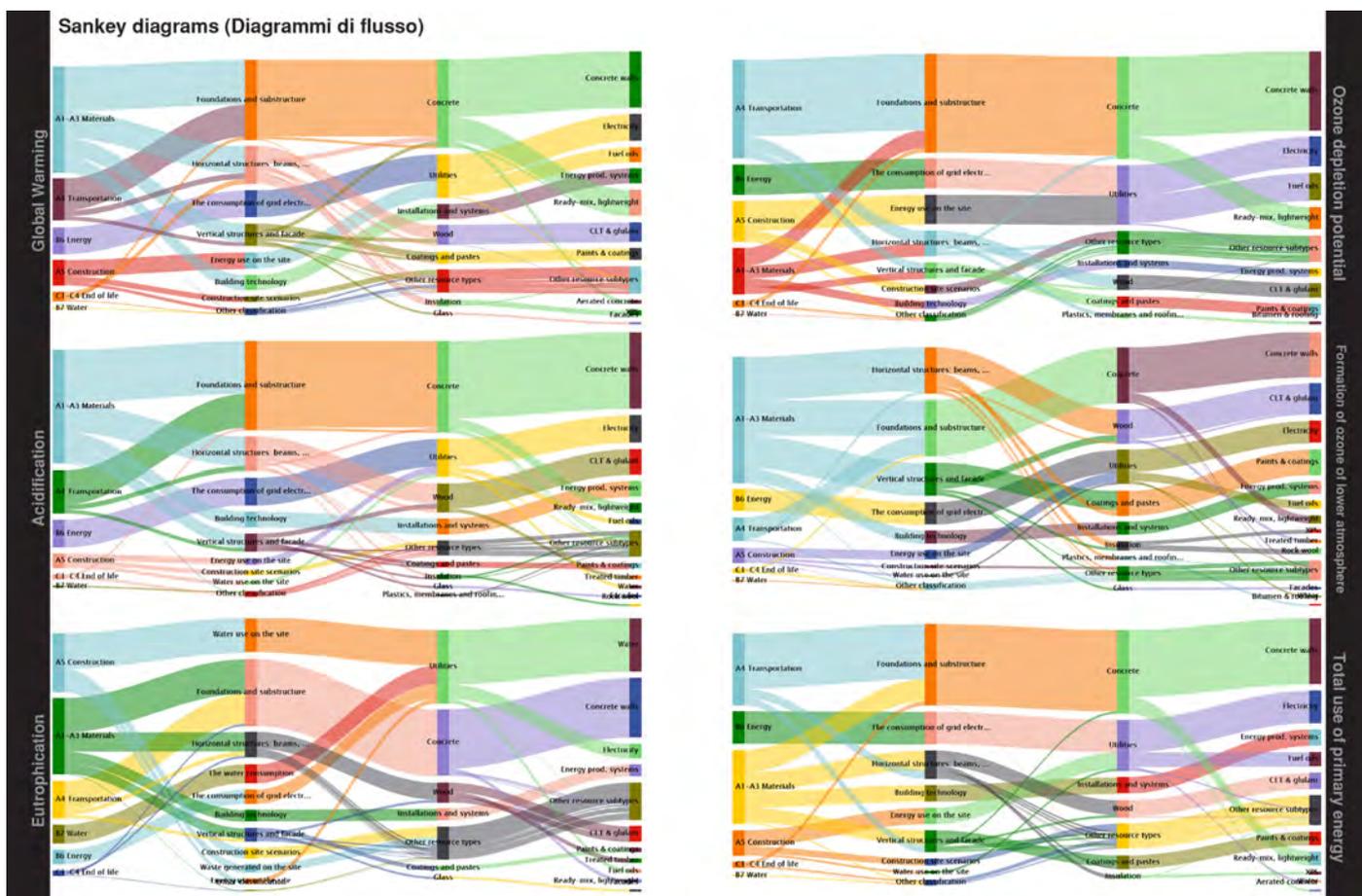


Fig. 3

STAGES	STATO DI FATTO	PROGETTO	RISULTATO
 MATERIALI DA COSTRUZIONE	152 tons CO ₂ eq 2 085 615,4 MJ	55,6 tons CO ₂ eq 604 923,15 MJ	- 63 %  - 71 % 
 TRASPORTO IN CANTIERE	5,5 tons CO ₂ eq 122 931, 6 MJ	22 tons CO ₂ eq 590 509,9 MJ	+ 300 %  + 380 % 
 PROCESSI DI COSTRUZIONE	23,7 tons CO ₂ eq 358 489,3 MJ	13,3 tons CO ₂ eq 209 264,6 MJ	- 44 %  - 42 % 
 CONSUMO D'ENERGIA IN FASE D'USO	16,5 tons CO ₂ eq 315 742,8 MJ	14 tons CO ₂ eq 266 981,1 MJ	- 15 %  - 15 % 
 CONSUMO D'ACQUA IN FASE D'USO	0,5 tons CO ₂ eq 9 994, 8 MJ	0,5 tons CO ₂ eq 9 994,8 MJ	-  - 
 DISMISSIONE	56,4 tons CO ₂ eq 128 959,4 MJ	4,9 tons CO ₂ eq 53 051,3 MJ	- 91 %  - 59 % 

Fig. 4

ostacolo è legato alla qualità delle informazioni alla base delle procedure di calcolo: le banche dati più utilizzate (*Ecoinvent*, *Okobaudat*, *INIES*, ecc.), non sempre sviluppate per il settore delle costruzioni e che si differenziano per rappresentatività geografica e fasi del ciclo di vita considerate, non restituiscono in modo trasparente le fonti dei dati ambientali (GBC Italia, 2019). Inoltre, se da un lato sono numerosi i software sviluppati per la valutazione LCA (es. *One Click LCA*, *eTool LCD*, *IES Impact Environment*), essi si rivelano spesso inadeguati a un diffuso impiego da parte dei professionisti in fase progettuale: l'uso risulta essere ancora complesso e l'applicazione della valutazione LCA viene troppo spesso confinata alla sola fase esecutiva, senza riuscire ad avere impatti nelle prime fasi dell'attività progettuale.

Da un lato si rivela quindi necessario lo sviluppo di banche dati affidabili relative al settore edilizio, specifiche rispetto al contesto nazionale e che contengano informazioni riferite non solo ai prodotti edilizi, ma anche alle fasi del ciclo di vita; una tale iniziativa costituirebbe un impulso e un incentivo per le aziende italiane nello sviluppo di LCA ed EPD dei propri prodotti. Dall'altro, occorre definire procedure condivise e validate che rendano confrontabili le valutazioni nelle diverse fasi del processo progettuale – dal preliminare, alla fase di cantiere – identificando metodi e strumenti univoci di valutazione della sostenibilità ambientale, con metodologie semplificate in relazione alle diverse fasi del progetto. È necessario definire indicatori di sostenibilità ambientale introducendo parametri selettivi che considerino, ad esempio, il consumo di energia per la produzione di un materiale da costruzione, le emissioni di anidride carbonica equivalente, il consumo di risorse naturali non rinnovabili, le prestazioni fisiche e di durabilità, gestione del fine vita e altre

categorie di impatto. Tutte queste informazioni potrebbero essere inserite nelle librerie di prodotti di costruzione BIM con specifici indicatori concordati a livello nazionale e internazionale, promuovendo l'integrazione di strumenti di modellazione informativa con protocolli e sistemi di certificazione della qualità energetica e ambientale degli interventi (classi energetiche, inventari prodotti con certificazioni ambientali, CAM – Criteri Ambientali Minimi).

Un'ulteriore innovazione di processo potrebbe vedere lo sviluppo di specifici *plug-in* per software BIM che rendano possibili in simultanea LCA, simulazioni energetiche dinamiche e valutazioni dei costi per analizzare, simulare e confrontare aspetti multidisciplinari in modo integrato. Solo un approccio olistico infatti potrà dar luogo a un efficace processo circolare e le piattaforme digitali possono favorire enormemente questa collaborazione nella filiera e tra gli *stakeholder*.

Una progettazione integrata basata sull'implementazione della modellazione informativa apre alla possibilità di gestire sistemi di informazioni complesse, riferite ai vari sistemi tecnologici e ai vari componenti che costituiscono l'oggetto edificio e relative a fasi diverse del ciclo di vita. Si tratta di uno scenario che guarda alla convergenza di tecnologie e strumenti digitali differenti: la fabbricazione digitale, i *big data* con l'analisi e la simulazione di scenari diversi, l'*Internet of Things*, il GIS e le tecnologie di connessione geospaziale, la tecnologia *blockchain* per la tracciabilità dei dati all'interno della filiera delle costruzioni (World Economic Forum, 2020).

Il cambio di paradigma in atto, dovuto all'accelerazione e alla interconnessione di tecnologie e metodi digitali innovativi che stanno interessando il settore delle costruzioni apre a percor-

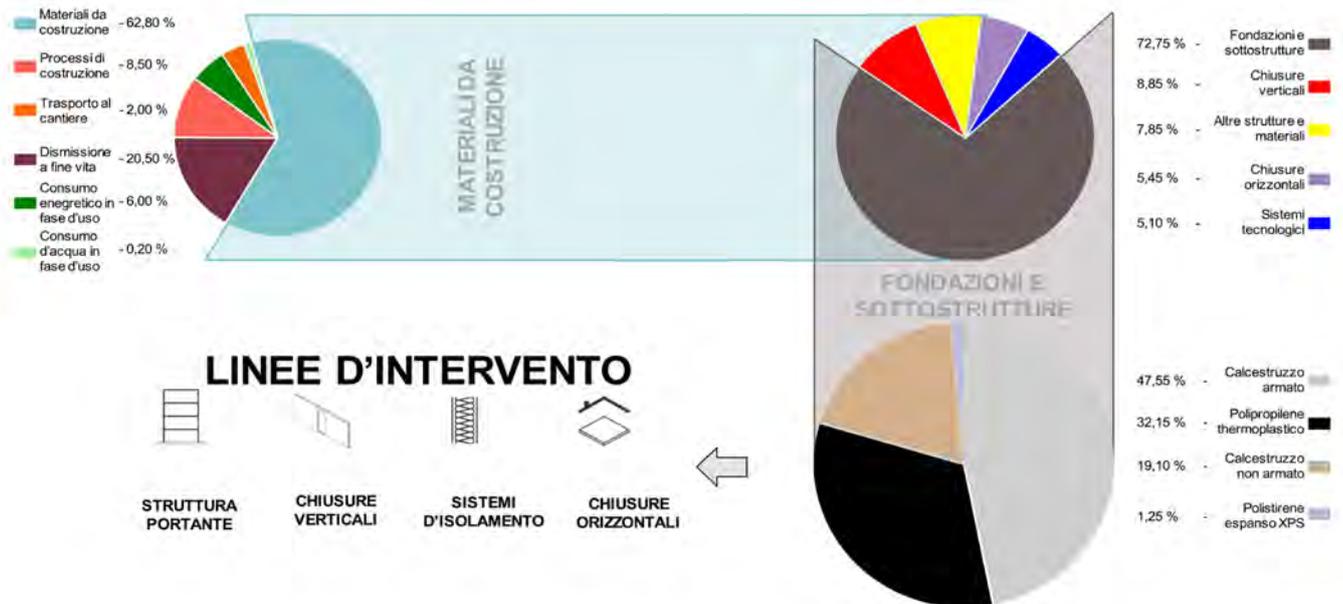


Fig. 5

si di innovazione capaci di dare un nuovo impulso al settore, con rilevanti benefici dal punto di vista ambientale ed economico². I *digital designers* avranno un ruolo cruciale nel contribuire alla riduzione dell'impatto umano sul pianeta, verso la decarbonizzazione e la promozione di economie circolari e condivise, la dematerializzazione, l'efficienza e la sufficienza delle risorse e dell'energia, all'interno di una rivoluzione dirompente che si auspica conduca verso un neo-antropocene digitale e sostenibile (Carta et al., 2016; TWI2050, 2019).

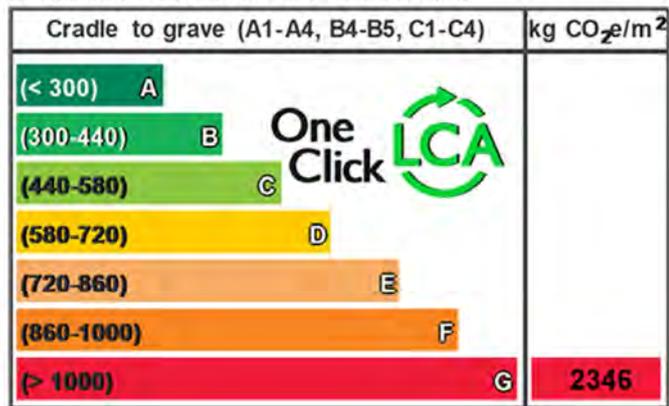
Traceability_for_Sustainable_Production_2019.pdf (accessed 11 March 2020).

References

- Campoli A. and Lavagna M. (2013), "Innovazione ambientale dei processi di trasformazione del costruito e ciclo di vita", *Techno. Journal of Technology for Architecture and Environment, Emergenza Ambiente*, vol.5, Firenze University Press, Firenze, IT, pp. 66-73.
- Carta M., Lino B. and Ronsivalle D. (eds.) (2016), *Re-cyclical Urbanism. Visioni, paradigmi e progetto per la metamorfosi circolare*, Listlab, Trento-Barcelona, IT - ES.
- Del Nord, R. (2016), "Potenzialità dell'area tecnologica in tema di ricerca progettuale", in Perriccioli, M. (ed.), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano, IT, pp 121-126.
- Green Building Council Italia (2019), "Life Cycle Assessment in edilizia", available at: http://gbcitalia.org/documents/20182/565254/GBC+Italia_Position+Paper+LCA_05.pdf (accessed 11 March 2020).
- Lavagna M. (2008), *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano, IT.
- Krinshnamurti R., Toulkeridou V. and Biswas T. (2014), "Communicating Semantics through Model Restructuring and Representation", in Kensek M. K. and Noble E. D., *Building Information Modeling. BIM in current and future practice*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- TWI2050 - The World in 2050 (2019), *The Digital Revolution and Sustainable Development: Opportunities and Challenges*. Report prepared by the World in 2050 initiative. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Sacchi, L. and Unali, M. (2003), *Architettura e cultura digitale*, SKIRA, Milano, IT.
- Saggio A. (2007), *La rivoluzione informatica*, Carroci, Roma, IT.
- World Economic Forum (2020), "An Open Platform for Traceability: Accelerating Transparency and Sustainability across Manufacturing Ecosystems", available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Accelerating_Digital_

² L'impiego di nuove applicazioni software e di piattaforme digitali potrebbe portare a riduzioni del costo totale dell'intero ciclo di vita di un'opera di quasi il 20%. Per il settore non residenziale i risparmi possono variare dal 13 al 21% nelle fasi di progettazione e costruzione, e dal 10 al 17% nella fase della gestione del patrimonio. Considerando che il settore delle costruzioni, secondo l'ISTAT, sostiene una spesa per l'acquisto di beni e servizi finalizzati alla costruzione di fabbricati residenziali e non residenziali di circa 170 miliardi di euro/anno, quantificando la riduzione di costo partendo dai dati di contabilità nazionale dell'ISTAT si può stimare un risparmio annuale compreso tra i 20,4 e i 32,2 miliardi di euro derivato dall'utilizzo della digitalizzazione nelle fasi di progettazione e di costruzione (available at: https://www.casaportale.com/public/uploads/Manifesto%20Federcostruzioni_rev_FINALE.pdf (accessed 07 March 2020).

Embodied carbon benchmark - Stato di fatto



Embodied carbon benchmark - Progetto

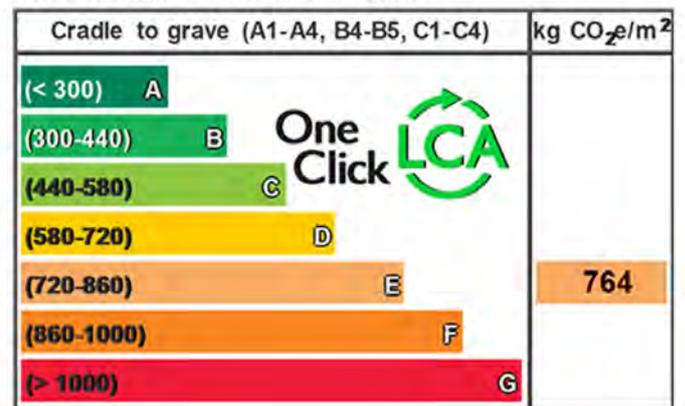


Fig. 6

Fig. 1 - Processo interoperabile per la valutazione BIM-LCA della cellula abitativa nZEB.

Fig. 2 - Classificazione degli impatti ambientali del'edificio nZEB.

Fig. 3 - Classificazione degli impatti ambientali dopo l'implementazione delle soluzioni migliorative.

Fig. 4 - *Life cycle stages*: confronto fra lo stato di fatto e il progetto con le soluzioni migliorative per la cellula abitativa nZEB.

Fig. 5 - Analisi delle scelte progettuali e realizzative che incidono maggiormente in termini di impatto ambientale e individuazione delle soluzioni migliorative per la riduzione di tali impatti.

Fig. 6 - Valutazione dell'impronta di carbonio prima e dopo l'implementazione delle soluzioni finalizzate alla riduzione degli impatti ambientali.

THE CONSTRUCTION SITE IN THE DESIGN THOUGHT FORESEEING UNCERTAINTY, A POSSIBILITY OF THE DIGITAL ERA

Antonella Falotico¹

Abstract

The construction site is an aleatory place by definition. The tools that digital culture introduces, through a probabilistic approach, can contribute to reducing that uncertainty component, peculiar to construction strategies. The construction site, in the new scenario, is becoming a meeting place between thought and technical act, a strategic and non-final component of the design process; a component of verification rather than improvisation of choices, therefore a constituent material of the architectural project, informing, like a DNA, its complex procedural structure.

Keywords: Construction site, Technical innovation, Production, Integrated process, Digital culture, Industry 4.0

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università Federico II di Napoli, antonella.falotico@unina.it

Construction site and project

The construction site is a physical, a temporary place equipped to build. The “hardware” of the building process. We can reasonably adopt this definition if we think of the construction site exclusively as an action, the last, necessary component of a process that begins with design and is completed with construction.

In reality, the construction site is much more than a physical place, than what we see, much more than a “factory” where “professional” people work.

The construction site is also strategy, organization, control, forecast, therefore components that transcend a material vision and that are the hidden, invisible, immaterial part that concerns flows, data, harmonious elaborations between operators and machines, times, limits and conflicts. All this flows into a term, which is also not very material, the organization, that necessary phase to “systematise” the complexity of the components that characterize the construction site, divided between static, “invariant” components (everything that permanently occupies space) and dynamic, “variable” components (everything that is modifiable, mobile and changes over time). The term “logistics” technically defines the process of planning, use and management of material and human resources, components that not only characterize the site but also those external conditions essentially related to flows and to the environment. In this sense, the terms optimization, rationalization and environmental protection take on a particular significance. But the construction site is also the place that more than any other is characterized by “uncertainty”, its “product” is aleatory, never realized or achievable in a repetitive way in space and time, with the same labour, materials, equipment, times and operations, a characteristic that makes it the “place for resistance” to changes, effectively containing the disruptive effect of industry 4.0.

The construction site is therefore more than a physical place: it is an “augmented”, open, non-linear, complex reality that affects the process and extends to a time frame that cannot be relegated to the construction field. If talking about “on-site” means referring to everything that takes place within the construction site, it is no longer conceivable to indicate with the term “off-site” only that component of the production that takes place outside the construction site, as the term is referred also to those activities including the decision-making, forecasting system and the relations with the entire procedural apparatus that flows

into the technical-constructive decisions. In addition, construction sites structures consume a lot of energy and produce waste, which connects their organizational strategies to the often conflicting relationship with the environment and with the actual declared awareness of a crisis of gigantic proportions: we are perhaps forced to govern a “second nature”¹ difficult to predict and to dominate, where everything seems unstable, eroded, compromised not only by the forces and by the progress of nature but also by the human being, by his natural instinct to produce and transform in a world of seemingly unlimited resources.

In the idea of the construction site there is, therefore, the idea of a “network”, of a dynamic, complex, articulated, multi-directional intertwining; of that “connective” component that puts together nature and artifice, infrastructures and buildings, spaces and fences, but also men (designers, specialists, entrepreneurs, builders). A network that is built through non-linear, but recursive, circular passages, that needs to reduce distances and break rigid patterns by effectively imposing new ways to connect physical and virtual aspects, matter and what matter is not; a network connected to the project and the construction temporal dimension. But, on closer inspection, if the building is the output of the construction, it is natural to imagine how the act of construction cannot be separated from the designed, detailed, measured, dimensioned object. As Eduardo Vittoria said, we cannot speak of architecture outside of construction, nor, we can reasonably add, can we speak of a project without the wisdom that is acquired through practice. Thus the temporal dimension cannot be divided into two moments: a time to plan and a time to build; time cannot be thought according to its linear traditional categories. In a process that aims to design to build, we need to rethink the nature of time and relationships: «there are slowdowns, accelerations, backward movements, anticipations of themes that will appear later» (Prigogine, 1991). In this context, the construction site, a meeting place between thought and technical act, becomes a strategic and non-final component of the design process, of verification and not of improvisation of choices, and can be reasonably considered a constituent material of the architectural project, informing, like a DNA, its complex procedural structure. The intimate relationship between these two components (thought and technical act) would seem to be favoured today by the advent of digital technology, related to a culture that amplifies thinking skills and mediates, through the “machine”, the transformation of ideas into matter: «The current material digitality refers to the interrelationships between the

¹ Cfr. Manzini, E. (1989), *Artefatti*, Domus Academy, Milano.

digital and the materialization processes that take place in the project-construction dialogue, within which programming and data, on the one hand, and construction materials and techniques, on the other, form a single complex, integrated and continuous process. The idea that materialization processes can be digitally informed, legitimizes the presence of computational logics “internal” to the design, from its first stage. And if in 1995 Kenneth Frampton considered the “digitization” of architecture a potential threat to the concrete aspects of construction, today digital manufacturing allows to reposition materiality at the center of the architectural project thought, at the same time reducing the distance between theory and practice» (Russo Ermolli, 2020).

Technical culture and digital thought

If the brain can reasonably be considered as the tool of thought, we ask ourselves what are today the tools of “*fabbrilità*” (a term dear to Vittoria), that is, the component that belongs to that master craftsman professed by Richard Sennet, characterized by technical skill and commitment. The same craftsman who, in the act of doing, focuses on the intimate connection between the hand and the head. «Every good craftsman conducts a dialogue between concrete practices and thought; this dialogue takes form in the acquisition of supportive habits, which create a rhythmic movement between solving and identifying the problems. [...] There is nothing automatic in becoming technically skilled, just as there is nothing brutally mechanical in the technique itself» (Sennet, 2009). So we ask ourselves: can man separate hand and head? And can construction be thought of as the product of mechanical and sequential operations from the design to the construction site? Renzo Piano describes his working method as follows: «First make a sketch, then a drawing, then build a model, then go to reality – go to the construction site – and then go back to the drawing. Build a sort of circularity: from drawing to doing, back and forth» (Piano, 1994). Piano connects *reality* with the *construction site* and, therefore, the object we imagine with the operating sequence, the strategies, the machines, the operators who will actually build it, thinking of the “feasibility” as a “resource” of the project. Perhaps at this initial point of the reasoning we may give a first answer to the questions asked above: when we imagine a building we cannot think of it outside the process of its construction and we cannot think of it without considering the building itself in relation to its life cycle, until disposal. The concepts of “care”, “waste” or “reuse of materials” are also part of the design thinking, extending it to the “dismantling factory” project. Construction-Deconstruction become the founding terms of a construction culture closer to the dynamic models to which contemporaneity aspires in relation to a deeper integration with the cyclical processes of nature. It is not the first time that technological research has questioned the trinomial “think-produce-do”, animating a debate that seems to rekindle every time the construction sector, and therefore the culture of building, is fuelled by revolutionary changes. The challenge of the “fourth industrial revolution”, linked to digital technology, today characterizes an epochal change that greatly expands the operational possibilities and changes consolidated practices. «The biggest transformation is not about the way things are made, but who makes them. Once they can be done on a normal computer, everyone becomes capable of it. And this is exactly what we see happening in manufacture» (Anderson, 2013). Once again men and machines find a relationship: those who “do things” are not separated from “how they will achieve them”. We can separate the design of a product from its realization for the first time in history, because all the information

necessary to make it is incorporated in the project. The field of the possible would seem to be before us, condensed in a machine governed by instructions that are a function of the combinable use of two numbers, 0 and 1, which, like a grammar, define the digital language. The material instrument incorporates molecular entities whose infinite combinations are capable of “producing matter”. We are in the presence of a new way of giving shape and therefore of informing the matter that induces a new idea of the buildable project and “redesigns” the relationship between thought, technical act and manufacturing. This conception can be seen as the possibility of foreseeing an «*a priori*, which predetermines experience, anticipates the direction to transform nature, organizes the whole» (Marcuse, 1968), makes possible a concert between the operators of the process by facilitating dialogue, collaboration and interoperability. «The authorial primacy of the designer, which has already been in crisis for some time, is in fact placed today on the margins of the market precisely by digitization processes based on words such as System, Collaboration, Coordination, Integration. These well-known terms represent strategies which have been the subject of reflection for decades and have constituted the theoretical and operational figure of the discipline of Architecture Technology since its foundation» (Russo Ermolli, 2018).

Digital culture opens a revolutionary scenario to the designer: “computing”, “simulation”, “control”, “verification” are the terms that characterize the new design culture in the era of networks. We work by data entry, by models and by multiple, interrelated, modifiable, elastic sequences, visually comparable to the generative diagrams of biology, through which matter can be represented. The “project” becomes laboratory, experimental activity, research of relationships and behaviours, an activity in which the act of “proicere”, of projecting, becomes a construction of images projected on a screen, a visual manifestation of what is going to be, an emergence of matter from what is not matter. The molecular decomposition of the design components imposed by the necessary high number of inputs must be able to be recomposed in the desired system in a complex and articulated game that allows you to add or exclude elements, aggregate or disassemble parts, structure or de-structure until you get to the desired object, which will be solely and exclusively a function of relationships. There is a profound modification of the processes, the rules and the sequences of the project are reversed, and its recursive qualities are amplified, ensured by the software’s ability to develop algorithms and therefore possible solutions. A new concept that replaces the sequence of instructions to the ordered sequence of phases desired by the traditional process. The instructions are at the same time certain and variable data and assume combinatorial value. The combinations will depend on the relationships established between the various components involved. Hence the possibility of determining scenarios and choices. «What we mathematically establish is only a small part of an objective fact; for the most part it is a review of possibilities» (Heisenberg, 1948). We are however far from the danger that the “machine will take the lead”, we are in the presence of a “new science”, far from “science fiction” and also aware that in the technical act there is always a component of thought exclusive of the man. The hope is that the *new artisan designers* will be able to interpret the new demands imposed by contemporary design and construction and use the thought not only to “arm” but also to operate the new tools.

The architect is a poet who thinks and speaks “digitally”

If, as many profess, we are “migrating” into the fourth in-

dustrial revolution – and therefore we are speaking of revolution and industry – it is necessary to clarify, here, in what terms we speak of revolution and industry, that is what meaning we attribute to them in relation to the culture of the project in the age of networks.

It seems to be clear now that it is a revolution of thought.

In relation to digital culture, the binomial “thought” / “project” would seem to be transformed into an expression that replaces the conjunction “and”, therefore what connects, with the verb “to be”. In this sense, the expression “thought” *is project* unites the two components in a strong and inseparable bond, merged into each other so to reduce the distances between the emotional and rational world, between experience and reason, between mental and technical act, two phases of the same constructive intention as taught by Guido Nardi². Paul Valéry called “reciprocity” the link between thinking and building³, «the reason why architecture and knowledge are both gestures of *pôiesis*, of manufacture. [...] It is here, in the dimension of the *pôiesis*, of a mimetic making, that we meet the nexus, which is a true relationship of conversion and reciprocity, between building and thinking: architecture is a gesture of thought, like thought is a constructive gesture; they are both gestures of projection of an object and of its world of possibilities» (Borutti, 1997). “*Costruttivismo progettante*” is the expression Eduardo Vittoria⁴ uses to indicate the love for a project as slow effort, flair, research, which has its roots both in the nature of technique and thought, linked to “doing” and “thinking” as the principle of imagination of possible objects, as the activity of “emergence” of matter from what is not matter, as the ability to give form to the “formless”. If our imagery is *chosiste*, to use an effective Bachelard expression⁵, that is, if the product of the project is matter, in the culture of the digital project the ability to imagine and govern antimatter is needed. In this culture the product, the system, the building is an act of emergence from a data processing that generates matter variations through the infinite combinatorial possibility of those same input. A revolution that allows to change the rules of design and construction: here «the rules are the infinite pieces of computational language; an alphabet that replaces shapes with instructions» (Nebuloni, 2018).

Such a concept refers to an “open”, dynamic, changeable, metabolic project that does not isolate the designer from the process but connects him to it in a synergistic man-machine relationship: the “machine” does not act as an autonomous entity but rather becomes the “engine of the mind”, its virtual extension, a sort of “information prosthesis”⁶, an upgrade of the designer’s both intellectual and operational faculties; a multiplier of possibilities, that possibility of anticipating the future typical of the design act, that is, of the ability to transform ideas (the immaterial) into material objects through a selection process, of continuous jumps forward and backward, of anticipations: we can define it today a “generative elaboration” whose result is a constructive act. An act from which an unfinished, provisional object (component, system, building) emerges, predisposed to change since it contains a transformative and adaptive intelligence.

This possibility, already identified in the updating of some paradigms that have made the history of the construction indus-

try⁷, is enriched with new operating modes: Off-site Manufacturing, Digital Fabrication, Computational and Parametric Design, Building Information Modelling, Automation, Robotics, Additive Manufacturing, are the new “tools” that are reconfiguring the design and construction process. The machine they refer to generates” (process) and/or “produces” (product) according to a processing logic that moves on two levels: memory and matter. The “memory”, the “container of the possible”, incorporates all the properties of the material systems, and with their variations the generative process will return new admissible configurations. This possibility is proper to the functioning of algorithmic processes and constitutes the heart of the computational procedures so that access to the various levels of processing is possible at any time, allowing updates, checks or verifications. Each variation of a part of the object will, in fact, lead to the verification of the entire system in a way that separates and recomposes continually “redesigning” the relationships between the elements.

In conclusion, the new approaches determined by digital technology, which use the huge amount of data necessary for the realization of the architectural project in a predictive way, can allow construction site structures to reduce that element of uncertainty that characterizes their organization. Simulation, evolutionary optimization, control of malfunctions and risks, would seem to indicate the directions of paradigm 4.0 for the digital construction site, where the digital term indicates not so much its tangible devices (drones, exoskeletons, viewers, immersive helmets, 3D printers) as well as its strategic components: harmonization (of production flows), organization (teams, supplies, storage), optimization (logistics), reduction (time, resources, risks).

A new way of constructible thinking is outlined, a thought that will lead the designer from being «un *poète qui parle et pense en construction*»⁸ to a poet who speaks and thinks digitally.

References

- Anderson, C. (2013), *Makers. Il ritorno dei produttori. Per una nuova rivoluzione industriale*, Rizzoli, Milano, IT, p. 22.
- Borutti, S. (1997), “Costruttivismo e progettualità. Una prospettiva epistemologica”, in Nardi, G., *Aspettando il progetto*, Angeli, Milano, IT, pp. 38-39.
- Heisenberg, E.W. (1948), “Über den Begriff Abgeschlossene Theorie”, *Dialectica*, Vol. II, n. 1, p. 333.
- Marcuse, H. (1968), *L'uomo a una dimensione. L'ideologia della società industriale avanzata*, Einaudi, Torino, IT, p. 165.
- Nebuloni, A. (2018), “Tra progettazione e codice. La natura diagrammatica della computazione”, in Nebuloni, A. and Rossi, A., *Codice e progetto*, Mimesis, Milano, IT, p. 76.
- Piano, R. (1994), “The building workshop”, in Robbins, E. and Cullinan, E., *Why Architects Draw*, MIT press, Cambridge, UK, p. 125.
- Prigogine, I. (1991), *La nascita del tempo. Le domande fondamentali sulla scienza dei nostri giorni*, Bompiani, Milano, IT, p.24.
- Russo Ermolli, S. (2020), *The digital culture of Architecture*, Maggioli, S. Arcangelo di Romagna, IT, p.113.
- Russo Ermolli, S. (ed.) (2018), *The Changing Architect*, Maggioli, S. Arcangelo di Romagna, IT, p. 25.
- Sennet, R. (2009), *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano, IT, p. 44.

2 Cfr. Nardi, G. (1986), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Angeli, Milano.

3 Reference to the essays by Heidegger, M. (tr.it. 1976), *Costruire, abitare, pensare*, Mursia, Milano and by Valéry, P. (tr.it 1986), *Eupalino o dell'architettura*, Biblioteca dell'immagine, Pordenone, in which the connection between building and thinking (between *Bauen* and *Denken*) is central.

4 Cfr. Vittoria, E. (1994), *Il costruttivismo progettante*, in La Creta, R., Truppi, C. (a cura di), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Angeli, Milano.

5 Cfr. Bachelard, G. (1934), *Il nuovo spirito scientifico*, Laterza, Roma-Bari; Bachelard G. (1940), *La philosophie du non*, Presses Universitaire de France, Paris.

6 The expression is used by Ezio Manzini in his book *Artefatti*, cfr. note 1.

7 Cfr. Vitale, A., Ascione, P., Falotico, A., Perriccioli, M., Pone, S. (1995), *Argomenti per il costruire contemporaneo*, Angeli, Milano.

8 Cfr. Perret, A (1952), *Contribution à une théorie de l'architecture*, Cercle d'études architecturales, Paris.

SENSORING & IoT: ABITARE SMART

Valentina Palco¹, Gaetano Fulco²

Abstract

Il cambiamento dell'abitare da "tradizionale" a "smart" investe soprattutto il modo in cui ci viviamo e ci relazioniamo in spazi di città oggi più che mai "sensibili", ovvero spazi dove le tecnologie digitali occupano un posto di rilievo nel monitoraggio e controllo delle costruzioni, finalizzate al raggiungimento di alti livelli di qualità della vita. Si assiste pertanto alla creazione di nuove entità materiche e l'IoT è la base di partenza per la realizzazione di (nuovi) prodotti connessi (connected product) che "mettono in rete" la loro capacità di rilevazione di informazioni in ogni contesto (Bellini, 2019).

Keywords: Smart building, Innovazione-IoT, Sicurezza, Sensoring, Monitoring, Patrimonio edilizio

¹ DIIES - Dipartimento dell'ingegneria, delle infrastrutture, dell'informazione e dell'energia sostenibile, Università Mediterranea degli Studi di Reggio Calabria, valentina.palco@unirc.it

² DIIES - Dipartimento dell'ingegneria, delle infrastrutture, dell'informazione e dell'energia sostenibile, Università Mediterranea degli Studi di Reggio Calabria, gaetano.fulco@unirc.it

Evoluzione dell'abitare smart

La parola abitare, dal latino *habitare* iterativo di *habere* (avere), assume il senso di "continuare ad avere" oppure "aver consuetudine di un luogo"; luogo che, proprio per la sua *continuità* nell'esperienza individuale, diviene per definizione l'abitazione, la casa, la dimora (Vitta, 2008). Nel corso del tempo, l'uomo ha adattato il proprio spazio di vita legandolo ai propri bisogni e alle necessità personali. L'abitazione risulta infatti, storicamente uno tra gli elementi fondanti, se non il principale della specie umana, declinandosi come una necessità condivisa, un bisogno elementare e primordiale: il riparo per eccellenza (Filighera, Micalizzi, 2018). L'abitazione può considerarsi un mero "oggetto di consumo" che racchiude funzioni esperienziali, identitarie, e collettive e rappresenta il traguardo evolutivo-culturale di ciascun individuo. Attraversando l'evoluzione storica dell'abitare lo spazio antropico, emerge che la casa, considerata come "luogo sicuro" (custode dell'intimità e del benessere psico fisico dell'essere umano) e lo spazio pubblico ad essa prossimale, hanno dovuto adattarsi a molteplici cambiamenti culturali, economico-politici, climatici, ma anche alle esigenze degli individui e dei gruppi familiari. Il cambiamento non riguarda solamente il processo costruttivo o le tecnologie impiegate per la realizzazione degli spazi a misura d'uomo, che certamente sono sempre più vicini a standard prestazionali altissimi ed in grado di abbassare il più possibile gli impatti ambientali. Il fattore determinante per lo sviluppo della concezione dell'abitare è da sempre, il rapporto tra casa e struttura familiare. Secondo Paul-Henry Chombart da Lawe, la relazione tra abitazione e struttura familiare è così forte da poter parlare di una corrispondenza tra unità spaziale e unità sociale (Ceci, 1996). La molteplicità dei *pattern* e status familiari introdotti dalla modernità supera necessariamente la visione funzionalista della casa come pura "macchina per l'abitare" (Le Corbusier, 1923), ossia quella "casa" dotata di standards minimi che garantiscono una discreta qualità della vita per gli occupanti. Tuttavia, si ripensano i modi di abitare, inserendo nuovi paradigmi basati sulla dimensione antropocentrica¹ dell'edilizia abita-

tiva. «La casa è oggi uno dei luoghi universali da cui ripensare noi stessi e il mondo che abitiamo: è diventata, di fatto, un reale laboratorio di comprensione e trasformazione del mondo [...], è il luogo in cui la nostra dimensione pubblica è stata spesso rielaborata e filtrata attraverso un tempo personale e di piccole azioni che definiscono una distanza utile. Oggi questa misura pare assottigliarsi sempre di più sotto la pressione del "tempo digitale" che preme riducendo i momenti di distacco e di silenzio» (Molinari, 2017). Lo spazio dell'abitare diventa (soprattutto in tempi di emergenza e pandemia come quelli attuali) quindi uno spazio liquido, senza *frontiere* né *soglie* materiali, piuttosto, emerge oggi la necessità di confini virtuali definiti dagli spazi del web. Ma lo spazio del web non è uno spazio abitato, esiste anche quando l'uomo non è presente. «Lo spazio non è qualcosa che sta di fronte all'uomo, [...] la relazione tra l'uomo e lo spazio non è null'altro che l'abitare pensato nella sua essenza» (Heidegger, 1976). In pratica lo spazio c'è nel momento in cui lo abiti.

Metodi e tecniche per il building smart design

L'emergenza a cui oggi si è chiamati a rispondere come comunità scientifica indagante, professionisti e tecnici del settore delle costruzioni e non solo, è la fragilità a cui è soggetta la stragrande maggioranza del patrimonio edilizio italiano. Ripercorrendo la storia che ha caratterizzato il territorio italiano, si evince che, nel corso del tempo, soprattutto le costruzioni hanno dimostrato un grado di resilienza insufficiente sotto l'aspetto sia sismico che energetico. Tale situazione costringe un continuo e necessario aggiornamento della normativa tecnica e della pianificazione strategica al fine di garantire condizioni di sicurezza sia strutturali dell'edificio, sia relative all'opportunità su dove fosse possibile costruire o quale il tragitto migliore da seguire in caso di rischio, così da mitigarne i danni (Palco, 2018). In Italia, oltre il 22% degli edifici risulta in stato di conservazione mediocre o pessimo e il settore delle costruzioni risulta essere il più energivoro in termini di consumi, manutenibilità e abitabilità

¹ L'azione dell'uomo è quella di rendere qualsiasi ambiente un proprio habitat potenziale «trasformandolo attraverso il progetto e la tecnica, in una natura artificialmente ricomposta e posta al suo servizio; e in questa immagine dell'umanità racchiusa nell'inscindibile binomio "natura e artificio, l'abitare"» (Vitta M., 2008, "Dell'abitare. Corpi spazi oggetti immagini", Piccola Biblioteca Einaudi Ns)

degli ambienti costruiti (La Greca, 2016). Il nuovo paradigma risulta essere quello della *tecnologia digitale* applicata alle costruzioni, un paradigma che cambierà completamente la lettura dell'architettura materiale e il conseguente approccio dell'*abitare la fragilità*. Spiegare il termine “fragilità” diventa abbastanza semplice: «fragile è tutto ciò che reca a chi abita uno spazio, sia esso confinato che viceversa, danni o disagi in caso di rischio naturale» (De Capua, Palco, 2019). Fragile è un edificio che non si inserisce in un contesto ambientale ma che lo deturpa, che compromette la vita di chi lo abita perché poco resistente o poco vivibile. *Fragile* è uno spazio che compromette la qualità della vita dell'occupante, uno spazio privo dei servizi minimi dell'abitare smart.

L'*abitare smart* è un concetto che negli ultimi dieci anni sta attraversando tutto il settore delle costruzioni, riguardando le varie fasi dalla progettazione al processo realizzativo, dal monitoraggio e manutenzione alla gestione da parte gli utenti finali. Tale concetto si basa sull'idea che l'uso della tecnologia permetta di creare ambienti che siano in grado di migliorare e semplificare realmente la qualità della vita degli occupanti. L'attuale dibattito tecnico scientifico, si interroga e approfondisce quali strumenti, attualmente in uso nel mercato del lavoro, possano considerarsi affidabili e capaci di rispondere ad esigenze importanti quali il contenimento delle risorse rinnovabili, quindi misure atte a contenere i consumi energetici, (il settore delle costruzioni oggi è il più energivoro in assoluto: circa il 40% di energia spesa per i processi di costruzione e manutenzione degli edifici)², la salvaguardia di vite umane in caso di eventi catastrofici a seguito di calamità naturali e in ultimo (non per grado di importanza) i livelli di *comfort indoor* degli spazi abitativi, specie gli edifici ad uso pubblico.

L'abitare, in questa prospettiva, assume sempre più una connotazione “intelligente e sostenibile”, di *interactive design* ovvero di continua interrelazione tra l'azione umana e la tecnologia attraverso prestazioni sempre più digitalizzate al solo scopo di aumentare considerevolmente i livelli della qualità della vita degli occupanti. Ciò che rende intelligente lo spazio (abitato) è l'*IoT* (*Internet of Things*) un sistema che permette di mettere gli elementi del mondo fisico in connessione online tra loro tramite sensori (Ashton, 2009).

L'*Internet delle Cose* (IoT), circoscrivendolo all'*abitare smart*, può essere descritto come il collegamento di oggetti domestici o estendendolo al materiale di involucro o strutturale dell'edificio, in particolare apparecchi elettronici ed elettrici, sensori e attuatori, alle piattaforme hardware e software che restituiscono informazioni di qualsiasi tipo atte al monitoraggio, al benessere e al controllo degli occupanti e delle prestazioni dell'edificio.

Una statistica riportata dalla Cisco³, circa l'utilizzo dell'IoT a largo spettro, sottolinea che, nel 2010 i dispositivi collegati in rete erano oltre 12,5 miliardi, con un incremento maggiore del 400% nel 2020 (circa 50 miliardi). Diverse sono le sperimentazioni e le applicazioni attualmente in essere nel settore delle co-

struzioni, tra cui “facciate dinamiche con involucro performante per l'efficientamento energetico dell'edificio”, “l'ottimizzazione dei livelli di IAQ negli edifici attraverso sistemi di ventilazione intelligenti”, “sistemi per il monitoraggio della sicurezza strutturale degli edifici e la mitigazione del rischio in caso di sisma”, ecc.

L'involucro di fatto svolge un importante ruolo per la prestazione di efficienza energetica complessiva, le facciate trasformate da attive a reattive, attraverso sistemi tecnologici cinetici e dotati di sensori, configurano una pelle dinamica e avanzata, con i caratteri del *green building*. La tecnologia sensoristica, connessa ai sistemi di *open source-hardware*, consente il dinamismo di componenti integrati che non sono connessi a sistemi meccanici o dipendenti da caratteristiche meccaniche, né da quelle fisiche proprie del componente stesso, ma al rilevamento di variazioni di condizioni e di stato grazie ai sensori ad esso applicate (Nava, 2019). Questo fa sì che vengano soddisfatte le varie e complesse richieste legate al comfort degli occupanti, al consumo di energia e all'efficienza dei costi. Pertanto, tali facciate, rispondono positivamente ai cambiamenti climatici e ambientali, adattandosi perfettamente alla performance dell'edificio, soprattutto per quanto concerne la ventilazione e la schermatura da luce e calore. Ne sono un esempio ormai noto: la facciata Sud del *Institute du Monde Arabe di Jean Nouvel, 1987*⁴; le *Al Bahar Towers Aedas Architects and Arup Engineers, 2012*⁵

Un'altra applicazione riguarda, ad esempio, la qualità dell'aria interna, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) la sindrome dell'edificio malato (SBS) colpisce le persone che sono soggette ad un'esposizione prolungata ad agenti chimici, biologici e/o fisici che si trovano in edifici con un basso livello di qualità dell'aria interna (IAQ) che è generalmente correlata ad una cattiva ventilazione. È emerso inoltre, che i livelli di IAQ sono generalmente da 2 a 5 volte peggiori di quelli relativi all'aria esterna. Ne consegue che gli occupanti di spazi confinati che non godono di una buona ventilazione naturale (e/o meccanica), rischiano un aumento del rischio di malessere psicofisico che spesso nel tempo, porta ad effetti devastanti sull'organismo umano come l'insorgenza di patologie legate alle vie respiratorie, al sistema nervoso centrale e anche di cancro⁶. Posto che negli ultimi anni lo stile di vita è cambiato considerevolmente, aumentando di fatti la quantità di tempo trascorsa in spazi chiusi (di circa 90%), diversi ricercatori e tecnici del settore del ICT, indagano su come le piattaforme IoT multi-sensoristiche possano servire per l'ottimizzazione di livelli di IAQ negli edifici attraverso sistemi di *ventilazione smart*. È stata sviluppata infatti, un'applicazione (mobile) per monitorare i livelli di IAQ *indoor* e *outdoor* collegati in *cloud* da una piattaforma hardware in grado di mettere a sistema i dati recepiti e attraverso un algoritmo di controllo della ventilazione migliora i livelli di comfort interno, azionandosi in maniera autonoma e controllata in remoto (Chiesa et al., 2019).

E ancora, un'altra problematica riguardante il settore delle costruzioni e l'IoT, è quella dello stato di salute degli edifici,

2 Rapporto Annuale Efficienza Energetica – RAEE. Analisi E Risultati Delle Policy Di Efficienza Energetica Del Nostro Paese– Enea, disponibile on line: <http://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/pdf-volumi/2019/raee-2019.pdf>

3 Azienda multinazionale specializzata nella fornitura di apparati di networking

4 La facciata Sud del *Institute du Monde Arabe* è costituita da 240 diaframmi in acciaio, di forma quadrata e poligonale, che richiamano i motivi geometrici arabi. Grazie a dei sensori meccanizzati, questi diaframmi si aprono e chiudono per garantire l'adeguata illuminazione naturale e l'ombreggiamento all'interno dell'edificio nei vari momenti della giornata. In questo modo la luce viene scissa in tanti fasci luminosi, rendendo gli ambienti molto suggestivi. (fonte: *L'architettura che cambia faccia* - <https://www.artwave.it/architettura/buildings/larchitettura-che-cambia-faccia/>)

5 Completato nel giugno 2012, il sistema di ombreggiatura delle torri da 145 metri è stato sviluppato dal team di progettazione computazionale di Aedas. Utilizzando un software parametrico per la geometria dei pannelli di facciata, il team di progettazione è stato in grado di simulare il loro funzionamento in risposta all'esposizione al sole e al cambiamento degli angoli di incidenza nei diversi giorni dell'anno. (fonte: *L'architettura che cambia faccia* - <https://www.artwave.it/architettura/buildings/larchitettura-che-cambia-faccia/>)

6 Effetti della qualità dell'aria indoor su salute e comfort ambientale – Ministero della salute – EPA Introduction to Indoor Air Quality. Disponibile on line: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality> (Accessed 15 Luglio 2020)

in termini di staticità strutturale. Come precedentemente dichiarato, in Italia oltre il 22% degli edifici risulta essere in stato di conservazione mediocre o pessimo, si fa quindi sempre più riferimento a tecnologie in grado di prevenire o monitorare la vulnerabilità edilizia. Viene sviluppata infatti una *scatola nera delle infrastrutture* (SHBox)⁷ per il monitoraggio in tempo reale di oscillazioni, cedimenti e variazioni strutturali attraverso l'impiego di sensori strutturali *wireless*, di infrastrutture di rete per la raccolta dei dati (*gateway*) e di una piattaforma cloud per l'elaborazione e l'archiviazione dei dati⁸.

Partendo dall'assunto che la cultura del progetto si confronta oggi con un rinnovato rapporto tra tecnologia e ambiente, e che la "rivoluzione digitale" sta generando importanti cambiamenti di lettura del progetto, si intende intervenire applicando dispositivi intelligenti che leggano e monitorino le prestazioni dell'organismo edilizio e dello spazio costruito, finalizzate al raggiungimento di condizioni di benessere e sicurezza in rapporto alle tipologie e le tecnologie costruttive. L'unica strada percorribile è quella ormai auspicata da più parti, ricorrendo a soluzioni appropriate per il recupero degli edifici (fragili) utilizzando tecnologie sicure e più efficienti in modo da richiedere poca energia per garantirne il comfort. L'*Internet of Things* (IoT), in particolare, può offrire soluzioni efficienti e a basso costo per gestire situazioni eccezionali o anche per prevenirle, tecnologie digitali che aumentano la resilienza di territori fragili. Il dibattito scientifico si confronta, oggi più che mai, sulla necessità di intervenire con soluzioni "*internet-addicted*" sul patrimonio edilizio costruito e sulle infrastrutture.

Metodologie e applicazioni per l'abitare smart

Nel paragrafo a seguire, saranno approfondite le metodologie utili a sviluppare un sistema di controllo per l'abitare smart. Lo studio di ricerca parte dalla concettualizzazione del problema della vivibilità all'interno degli spazi costruiti, associata al miglioramento della stessa attraverso l'uso di sistemi digitali che favoriscano l'evoluzione dell'abitare. Pertanto, dopo aver analizzato il problema, si è passati alla creazione di un modello (simulatorio) dell'abitare circoscritto a cui sono stati applicati dei sensori di acquisizione dati. La funzione principale del sistema è svolta da sensori che leggono ogni parametro utile a migliorare la qualità dell'abitare e l'efficienza energetica, pertanto tutte le informazioni ricavate verranno acquisite e successivamente elaborate da un'unità di controllo centralizzata, connessa in rete e aperta verso l'utente (*open source*), tanto da permetterne il controllo ed il monitoraggio dei parametri di interesse in ogni momento della giornata. Questo sistema di sensori, attuatori e unità di controllo, sempre connessi, permette di realizzare un moderno *ambiente IoT*, in cui il benessere degli abitanti e l'efficienza energetica saranno i principi fondamentali da rispettare.

Per raggiungere la condizione *smart*, ben descritta precedentemente, è importante costruire un sistema centralizzato di ge-

stione dell'edificio che si occupi dell'*efficientamento energetico*, del *comfort abitativo* e della *sicurezza strutturale* (Fig. 1).

Lo strumento di controllo proposto, sviluppato sperimentalmente presso il dipartimento DIIES dell'Università Mediterranea degli Studi di Reggio Calabria, è composto da un sistema centrale che coordina le informazioni provenienti dalla rete di sensori distribuiti nell'edificio (sia all'esterno che all'interno). L'unità centrale, del sistema, raccoglie i dati di tutti i sensori distribuiti nell'edificio, li elabora e apporta le dovute azioni tramite attuatori. «Sensori e attuatori costituiscono i principali componenti di un Sistema intelligente» (Musacchio, 2009). Questa è costituita da una scheda di acquisizione dati National Instruments⁹, nello specifico una CompactRIO¹⁰, con appropriati moduli montati a bordo e connessa in rete. La tipologia di hardware scelta per questa applicazione, permette di acquisire i dati di misura delle diverse tipologie di sensori utilizzati e con un processore dedicato, in modalità *real-time*, si occupa di elaborare i dati e ricavarne le informazioni necessarie a gestire le *tecnologie smart* dell'edificio. Inoltre, utilizzando questa tecnologia hardware, programmabile attraverso il software NI LabVIEW¹¹, è possibile realizzare un'interfaccia grafica da cui gli utenti possono controllare, in tempo reale, tutti i dati di misura dei sensori distribuiti nell'edificio e decidere di apportare modifiche ai parametri di configurazione del sistema di gestione intelligente.

I sensori di incidenza solare insieme ai sensori di temperatura esterna e interna hanno un ruolo di primaria importanza per la gestione della "facciata dinamica", utilizzata per migliorare l'efficientamento energetico. Per misurare il grado d'illuminamento solare, sono utilizzate piccole celle fotovoltaiche, che oltre a fornire i dati di misura possono produrre energia elettrica utilizzabile per alimentare il sistema di monitoraggio. Per effettuare il rilevamento della temperatura esterna, invece, sono utilizzati sensori a "termistore", mentre per la temperatura interna, dei più performanti sensori a infrarossi basati su tecnologia MEMS¹², che permettono anche di rilevare la presenza di persone nell'edificio e ottimizzare quindi il sistema di monitoraggio.

Dalle informazioni ricavate da questi sensori, il sistema di controllo può gestire in modo intelligente la "facciata dinamica". Questa, se utilizzata per regolare l'ombreggiamento, gestisce altresì la temperatura degli ambienti e reduce i consumi relativi all'uso dei sistemi di condizionamento. Inoltre, conoscendo il numero di persone presenti dentro l'edificio e le loro esigenze, è possibile gestire l'illuminazione interna, scegliendo tra la sorgente solare e quella artificiale. Ai sensori di temperatura si aggiungono sensori per rilevare l'umidità ambientale e la qualità dell'aria, facendo distinzione tra qualità dell'aria interna (IAQ) ed esterna (Schiewecka et al. 2019), caratterizzate da diverse sostanze inquinanti, che necessitano di più specifici sensori dedicati.

L'unità centrale raccoglie questi dati di misura e li elabora per attuare una gestione smart del sistema di ventilazione e climatizzazione, in modo da ottenere un miglioramento del comfort

7 Sysdev Srl, azienda nata nel 2015 e incubata presso I3P – l'Incubatore di Imprese Innovative del Politecnico di Torino.

8 Basati sul paradigma IoT (*Internet of Things*), i sensori progettati da Sysdev sono dispiegabili in numero elevato e sono caratterizzati da basso costo, dimensioni ridotte e facilità di installazione e minimo consumo energetico. Una volta applicati sulle strutture, sono in grado di percepire ogni movimento e vibrazione e, grazie a trasmettitori a lunga portata, di segnalare in tempo reale eventuali anomalie o criticità, garantendo un controllo capillare e costante. I dati forniti possono essere aggregati ed elaborati direttamente tramite una piattaforma *cloud*, in modo tale da ricostruire il *digital twin*, l'immagine digitale dell'ambiente reale monitorato. In più, l'utente può scegliere quali parametri privilegiare per una specifica analisi (deformazione, temperatura, inclinazione, evento sismico). Fonte: <https://www.sysdev.eu/>

9 National Instruments è un'azienda statunitense produttrice di strumenti hardware e software per la misura e l'automazione industriale basati su personal computer.

10 "I sistemi CompactRIO forniscono funzionalità di elaborazione avanzate, I/O specifici per i sensori e software integrato, e sono ideali per applicazioni di controllo, monitoraggio e IIoT (*Industrial Internet of Things*)."

11 LabVIEW è il software per la progettazione di sistemi pensato appositamente per lo sviluppo di applicazioni di test, misura e controllo con accesso rapido all'hardware e ai risultati.

12 La tecnologia MEMS (acronimo di Micro Electro Mechanical Systems) è una tecnologia di fabbricazione di dispositivi microelettronici. Fonte: <https://www.ingegnerismo.it/elettronica/tecnologia-mems>

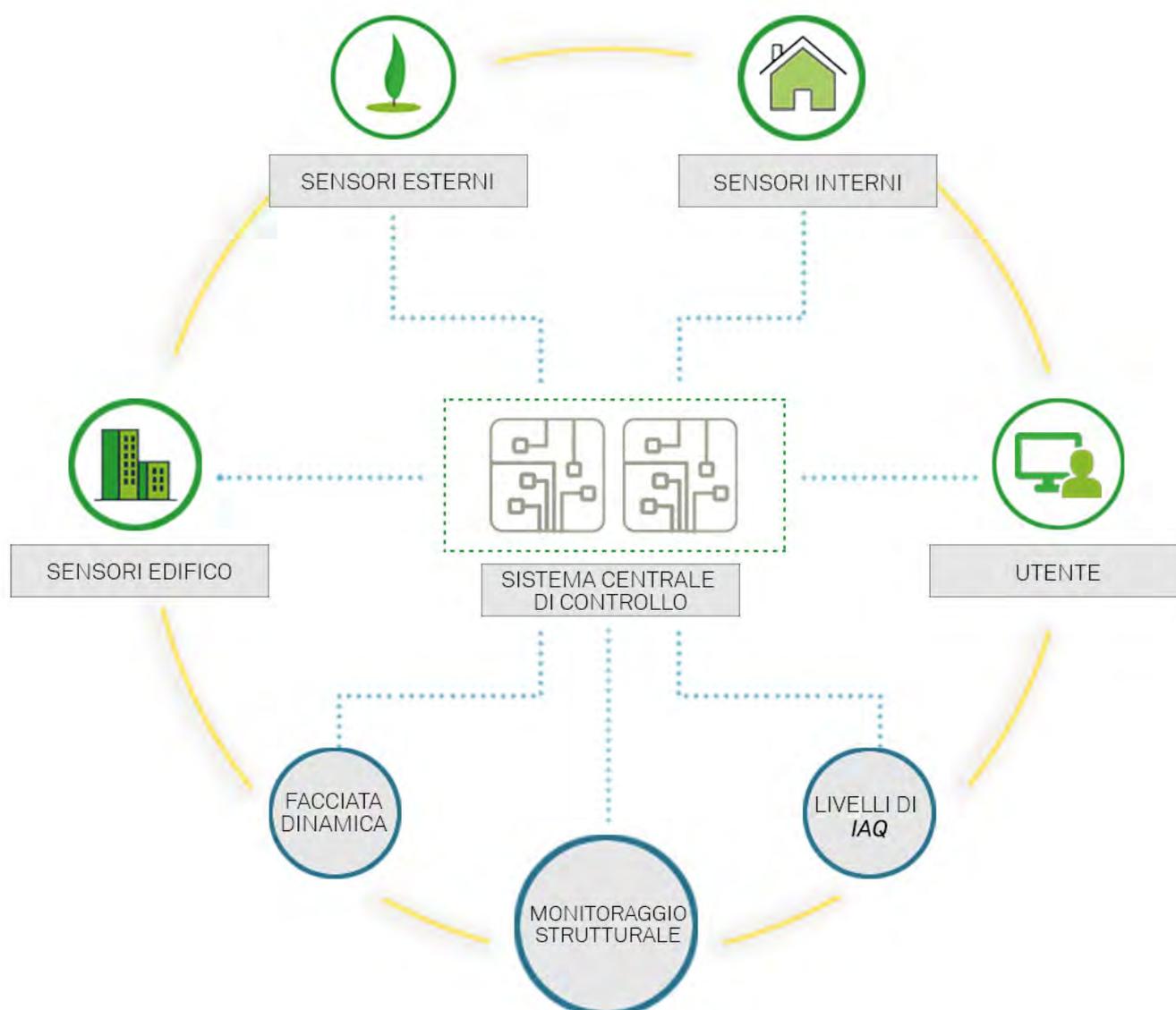


Fig. 1

abitativo. Tramite opportuni attuatori viene comandato il sistema di ventilazione per garantire un buon livello di IAQ, facendo riferimento oltre ai dati di qualità dell'aria interna, anche quelli relativi alla qualità dell'aria esterna che si intende immettere nell'edificio rapportato al numero di persone presenti. Infine, a completare il sistema progettato finalizzato al raggiungimento dell'"abitare smart", sono utilizzati sensori di monitoraggio strutturale dell'edificio. Per questo scopo, sono stati utilizzati sensori posizionati nei punti più significativi e più vulnerabili della struttura, che misureranno parametri legati alle deformazioni. In edifici che già presentano situazioni che necessitano di monitoraggio si possono utilizzare estensimetri per controllare crepe preesistenti e inclinometri per un controllo continuo sull'inclinazione dell'edificio.

Un altro tipo di sensore impiegato è l'accelerometro, il quale consente un monitoraggio di tipo dinamico, utile sia per una prima valutazione sui danni causati da un evento sismico sia per la raccolta dati sulle piccole vibrazioni dovute a cause ambientali. L'analisi di questi dati potrebbe fare scattare un allarme di richiesta indagine strutturale più approfondita (Marsella et al. 2019).

Conclusioni

Da quanto scritto, emerge che le tecnologie adattive applicate al sistema dell'abitare, sono significative per garantire l'evoluzione smart dello stesso. Il panorama italiano ancora oggi non mostra molte applicazioni di riqualificazione degli edifici (soprattutto quelli ad uso pubblico) mirate al miglioramento della qualità della vita, attraverso azioni mirate di contenimento dei consumi energetici fattibili attraverso l'uso dell'IoT o sistemi smart. Progettare e costruire secondo tali paradigmi significa confrontarsi seriamente con la necessità di equilibrio tra risorse e impatto ambientale. Una risposta al concetto di *transitorietà* considerando l'opera architettonica una costruzione "evolutiva": l'edificio è un manufatto che si trasforma e si adatta organicamente in funzione del cambiamento dell'utenza e/o delle sue esigenze. La domanda attuale è quella di leggere l'edificio attraverso un approccio multidisciplinare che riesca a sovrapporre il sistema tecnologico a quello digitale al fine di ottenere risposte prestazionali alte sia di controllo del processo, che di manutenibilità del prodotto e vivibilità dei fruitori all'interno di spazi oggi sempre più liquidi dove si è raggiunto il «superamento dell'antimonia tra naturale e artificiale» (Novak, 2007).

La ricerca attualmente è nella fase di acquisizione dei dati, per cui non possono essere forniti esiti veritieri e significativi del prodotto sperimentale. Il Sistema progettato acquisisce i dati dai sensori posizionati nell'edificio (sperimentazione pilota su un prototipo con requisiti determinati dai ricercatori) per una successiva elaborazione che finirà l'algoritmo di gestione smart. Si auspica che il posizionamento e l'attivazione dei sensori descritti possa aumentare significativamente il livello di qualità della vita degli occupanti.

References

- Bellini M., (2019), "IoT (Internet of Things): significato, esempi e applicazioni pratiche", *Digital360: Blockchain 4innovation – Network Digital360*, available at: <https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia/> (accessed 25 February 2020).
- Chiesa G., Cesari S., Garcia M., Issa M. and Li S. (2019) "Multisensor IoT Platform for Optimising IAQ Levels in Buildings through a Smart Ventilation System", *Sustainability - Open Access Journal 2019*, vol.11, p. 5777, available at: <https://doi.org/10.3390/su11205777> (accessed 18 October 2019).
- Filighera, T. and Micalizzi A. (2018), *Psicologia dell'abitare. Marketing, Architettura e Neuroscienze per lo sviluppo di nuovi modelli abitativi*. FrancoAngeli, Milano, IT.
- La Greca, P. and Margani, G. (2018), "Seismic and Energy Renovation Measures for Sustainable Cities: A Critical Analysis of the Italian Scenario", *Sustainability*, vol. 10, p.254.
- Marsella, M., D'arano, P., Moriero, I., Acunzo, G., Vicentino, M. and Bottaro, A. (2019), "Integrazioni di tecnologie e processi per il Monitoraggio Strutturale su ampia scala", *GEOMedia*, vol.23, pp. 14-16.
- Molinari, L. (2017), *Le case che siamo*, Nottetempo. Milano, IT.
- Nava, C. and Bruzzaniti, V. (2019), "Prestazioni energetico-ambientali, monitoraggio e cibernetica con la tecnologia Arduino", in Nava, C. (ed.), *Design Driven Innovation "Off-Shore" e "Off-Site". Progetto di ricerca "S2 Home", dal concept al prototipo*, Aracne, Roma, IT, pp.134-138.
- Novak, M. (2007), *Babele 2000*, available at: http://www.trax.it/marcos_novak.htm.
- Rognoli, V., Ferrara, M. and Arquilla, V. (2016), "ICS_Materials: materiali interattivi, connessi e smart", *MD Journal*, vol. 2, pp. 44-57.
- Vitta, M., (2008), *Dell'abitare. Corpi spazi oggetti immagini*, Einaudi, Torino, IT.

MATERIALI NATURALI – PROGETTAZIONE GENERATIVA DALL'ANTITESI ALLA SINTESI

Rossella Siani¹

Abstract

Alcuni processi progettuali usano algoritmi per simulare processi naturali e controllare un numero elevato di parametri. In tali percorsi generativi, la costruzione dell'architettura si concretizza spesso con passaggi di fabbricazione digitale. Il presente contributo indaga la possibilità di applicare queste logiche a materiali naturali come la terra cruda o le fibre vegetali, che per la loro natura incoerente e disomogenea sfidano le logiche produttive citate. A partire da alcune applicazioni sperimentali saranno illustrati possibili metodi di lavoro per affrontare l'apparente ossimoro digitale-naturale.

Keywords: Materiali naturali, Progettazione generativa algoritmica, Terra cruda, Bambù, Modello a impronta, Modella a mappa

¹ VAHA – Virtual Architecture Handicraft Art, arch.rossellasiani@gmail.com



Fig. 1

Dall'antitesi alla sintesi

Se l'architettura contemporanea accetta la sfida di realizzare un ambiente costruito accogliente per una popolazione mondiale in crescita, l'uso di materiali da costruzione naturali e localmente reperibili diventa indispensabile. Risorse abbondanti e rinnovabili come la terra cruda o le fibre vegetali sono sempre più presenti nelle più recenti esperienze di progetto.

Allo stesso tempo, una domanda di consumo più differenziata, nuove nozioni estrapolate da una produzione scientifica accelerata, modalità d'uso più interconnesse ed in rapido mutamento nonché l'ambizione di rispondere ad impulsi a volte contrapposti, stanno rendendo le sfide progettuali sempre più complesse. In un quadro come questo, l'uso di strumenti digitali ed un controllo algoritmico del processo progettuale risulta estremamente efficace, se non indispensabile.

L'algoritmo, inteso come insieme di regole, nella sua forma digitale, permette al progettista di agire con ampia versatilità sui parametri di progetto in un vero e proprio processo di morfogenesi. Questa metodologia è comunemente intesa come generativa in virtù di un'analogia con i processi generativi biologici. Un tale approccio può contribuire ad affrontare meglio alcune sfide ambientali tra cui il miglioramento delle prestazioni climatiche o l'ottimizzazione del comportamento strutturale, riducendo in ultima istanza la quantità di risorse impiegate.

Digital Nature, la ricerca a cura di Stefan Pollak e Rossella Siani, di cui si presentano qui alcuni esempi emblematici, ha come obiettivo l'esplorazione e lo sviluppo di possibilità progettuali e realizzative per creare una sintesi tra la progettazione generativa e la costruzione con materiali naturali. Nel presente paper sono presentate alcune sperimentazioni recenti che come materiale impiegano terra cruda e bambù italiano.

Comunemente, i processi progettuali generativi affidano la traduzione al reale del modello virtuale alla fabbricazione digitale. Il modello viene decifrato in comandi utili ad una macchina a controllo numerico, secondo una procedura CAD/CAM. Siffatto modello produttivo presuppone materiali standardizzati per formati e caratteristiche.

L'uso di materiali naturali mette in crisi questa filiera. Anche se simili tra loro, tali materiali sono infatti composti da elementi unici e richiedono pertanto un'attenzione particolare nella progettazione, non solo dell'oggetto ma del processo di realizzazione stesso. Per gli esempi illustrati sono state ideate soluzioni personalizzate che consentono il trasferimento dei dati attraverso processi apparentemente empirici ma sufficientemente rigorosi da garantire la corrispondenza tra modello digitale e opera finita.

Modelli di trasferimento digitale-naturale

In questo studio si propongono due modelli produttivi compatibili con la progettazione generativa ed i materiali naturali: il *modello ad impronta* e il *modello a mappa*. L'efficacia degli approcci è dimostrata da alcuni casi studio proposti.

Il *modello ad impronta* impiega alcuni passaggi indiretti per tradurre il progetto digitale in opera reale. In altre parole, le informazioni del modello digitale sono usate per generare uno strumento intermedio, mentre l'opera stessa è frutto di un passaggio prettamente analogico.

Il progetto è sviluppato con software generativi che hanno in questo caso il duplice scopo di controllare il progetto nel suo insieme e di generare quella guida o dima che fungerà da negativo per il manufatto finale. Per lo strumento, ci si può avvalere della classica procedura di fabbricazione digitale CAD/CAM, ossia di macchine a controllo numerico che ricevono istruzioni diretta-

mente dal file. La costruzione sarà invece una sorta di impronta di tale strumento ed avviene con modalità manuali.

La configurazione dell'opera finale corrisponde al modello digitale a meno di piccole differenze di ordine millimetrico, misure trascurabili in scala architettonica. È su questa tolleranza che il materiale si adatta e mantiene valide le sue caratteristiche prestazionali.

La dima fisica può generare più copie della stessa opera mentre il modello virtuale permette di generare dime diverse e di conseguenza configurazioni diverse. Al variare dei parametri del progetto, si ottiene un modello aggiornato e personalizzato della dima e di conseguenza del prodotto finale.

Quando il materiale si presenta in qualche misura "orientato", come avviene per aste vegetali e strisce ricavate da esse, il passaggio analogico di sequenze numeriche dal modello al materiale può essere più diretto.

Il modello a mappa impiega infatti uno schema astratto di dati numerici per tradurre la composizione dal digitale al reale. Anche in questo caso, il processo progettuale generativo segue le regole dell'ottimizzazione strutturale e funzionale e la precisione dell'esecuzione garantisce la corretta realizzazione dell'opera.

Con il modello a mappa la definizione delle distanze e delle dimensioni degli elementi di costruzione è descritta da una raccolta accurata di dati, che un operatore opportunamente formato, traduce nella composizione finale. Dove i materiali naturali non sono compatibili con una produzione a controllo numerico digitale, si procede con un "controllo numerico manuale".

Sia il materiale che l'operatore sono suscettibili di piccole imprecisioni caratteristiche che il singolo sistema produttivo dovrà assorbire. Al contempo, l'apporto umano consente di correggere *in fieri* piccole deformazioni del materiale superando così alcune rigidità di un processo completamente meccanizzato.

Il modello ad impronta – sperimentazioni

Nelle sperimentazioni basate sul modello ad impronta descritte qui in seguito, il materiale principale adottato è la terra cruda. In un caso l'opera si configura come aggregazione di componenti e pertanto classificabile come *muratura*, nell'altro la composizione è *monolitica*, ossia frutto di un processo di lavorazione all'interno di stampi o casseri.

Il primo studio ha come obiettivo la generazione di superfici murarie dall'andamento complesso per ottimizzare alcuni fattori quali la creazione di zone d'ombra in facciata o lo sviluppo di zone a permeabilità variabile, il controllo della statica della muratura e più in generale gli aspetti compositivi.

La progettazione generativa permette il controllo dei diversi aspetti prestazionali e compositivi in ambiente virtuale in funzione della combinazione muraria di blocchi parallelepipedi di pari dimensione, mattoni di terra cruda (*adobe*). A seconda delle composizioni indagate, variano le distanze tra i mattoni e le rispettive angolazioni, dati che devono essere trasferiti all'opera fisica con una certa precisione (Fig. 1).

Ci si avvale per questo trasferimento di una forma negativa della composizione muraria discretizzata in fasce orizzontali e verticali e tra loro incastrate. Le sagome piane che compongono questo *waffle* sono ricavate tramite taglio laser a controllo numerico su compensato di legno, una delle più classiche applicazioni di fabbricazione digitale CAD/CAM.

Una volta assemblato, il *waffle* farà da dima per posizionare inequivocabilmente ogni mattone dell'opera muraria nell'esatta posizione prevista dal progetto (Siani, 2015). Pur mantenendo la logica compositiva generale e preservando le caratteristiche

statiche o compositive calcolate nel campo virtuale, il modello consente un margine di tolleranza che è indispensabile per accogliere mattoni di terra cruda, per loro natura irregolari ed imperfetti.

Se lo sviluppo della dima richiede specifiche competenze, sia nel campo progettuale che in quello produttivo, per la costruzione della muratura tramite la dima stessa, invece, sono utili abilità manuali facilmente accessibili. Ciò apre interessanti scenari per il coinvolgimento nel processo esecutivo di personale meno specializzato come gli stessi destinatari dell'opera o volontari esterni.



Fig. 2

In un'altra modalità operativa il modello ad impronta è applicato ad una filiera esecutiva che prevede l'uso di casseri. Un cantiere-scuola in un piccolo comune spagnolo è stato nel 2017 l'occasione per realizzare una seduta ergonomica modulare in terra cruda che reinterpreta la tecnica del *pisé* (Fig. 2). In questa sperimentazione il progetto finale si compone di una serie di cilindri che accostati formano un paesaggio ondulato di seduta. La sommità di questi cilindri, infatti, è modellata in modo da conferire continuità visiva tra un blocco e l'altro: un'onda che gioca tra comfort e armonia.

Anche in questo caso, per trasferire alla realtà costruita la complessità geometrica del modello virtuale, ci si avvale di *waffle* di compensato. La composizione prevede cilindri di 3 differenti diametri che a loro volta si concludono con sommità sagomate in differenti maniere. Per la parte cilindrica del cassero sono stati impiegati tubi da sottoservizio in PVC in cui alloggiare il negativo in compensato ottenuto tramite produzione CAD/CAM. Al fine di consolidare lo stampo, gli interstizi tra le pareti di compensato riempite di altra terra e la superficie di contatto coperta con una membrana plastica per facilitare il distacco al momento dello scassero. È in queste cassaforme sagomate che sono stati prodotti i cilindri mediante costipamento di terra eseguito manualmente con pestelli di legno e metallo. Prima di collocare i cilindri all'interno della composizione e nella posizione prevista sono stati dotati di un "piede" in cemento e ri-eretti dato che l'azione di costipamento è avvenuta in posizione capovolta. La superficie complessiva è poi stata protetta con uno strato di calce (Fig. 3).

La stessa logica del cassero con controsagoma è stata applicata al progetto *In|Terra*, un termoarredo in terra cruda che si presenta come una parete piena con vuoti sapientemente sagomati. I vuoti accolgono diverse funzioni: la bocca del camino, una seduta, diversi piccoli alloggi per libri, pantofole, ciocchi di legno, bottiglie di vino, castagne: tutti accessori per momenti di

piacevole raccoglimento vicino al fuoco.

In questo caso, anziché forma cilindrica, i casseri hanno struttura parallelepipedica. Le casseformi, sviluppate con le stesse logiche della seduta ergonomica, modellano le parti della struttura in blocchi a parallelepipedo. Il progetto è stato premiato nell'edizione 2018 del concorso *Terra Migaki Design* (Sabbadini, 2019, pp. 88).

La logica del *pisé* prefabbricato con cassero sagomato può facilmente essere declinata come involucro edilizio in vari contesti.

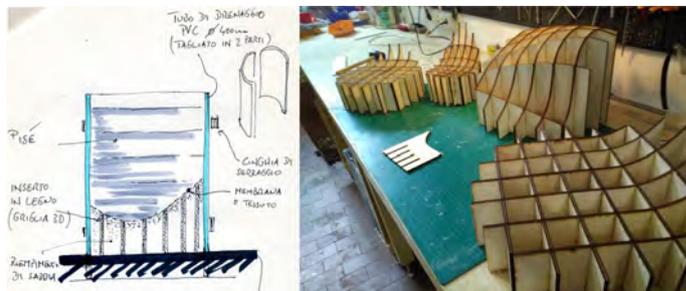


Fig. 3

I modelli ad impronta, in cui le informazioni provenienti dal modello digitale sono usate direttamente per generare uno strumento e non l'opera stessa, sono particolarmente adatti a tutti quei materiali che si presentano sotto forma di miscele incoerenti o aggregazioni di componenti medio-piccoli di forma uguale. Le prime, anche nella loro applicazione convenzionale necessitano di sagome o casseri. Basti pensare alla tecnica del *pisé*. Anche per le seconde, tra cui quasi tutti i tipi di muratura, è uso comune avvalersi di dime o guide per la corretta messa in opera.

Diversamente, per le fibre vegetali, che per loro natura hanno uno sviluppo lineare, è possibile usare un metodo più diretto; il modello a mappa.

Il modello a mappa – sperimentazioni

Nelle sperimentazioni descritte, il modello a mappa è stato applicato a strutture di bambù tuttavia è possibile attuarlo con altre fibre vegetali.

Nel progetto *CUBO* del 2019, la spazialità è definita da aste di bambù disposte secondo una severa maglia euclidea. Esse compongono una griglia strutturale solida, grazie ai numerosi nodi che congiungono le tre orditure del sistema. Lo spazio interno è definito tramite un'operazione di sottrazione, come se un gigante avesse scavato delle cavità sferiche nel volume. La percezione di pieno-vuoto e aperto-chiuso muta con le angolazioni.

Le prospettive più allineate con la griglia geometrica fanno sembrare tutto l'oggetto evanescente; si intravedono sfondo e cielo. Basta però angolare leggermente la vista per sentire la protezione dell'interno come in un accogliente *cocoon* (Fig. 4).

Il controllo algoritmico consente di variare le dimensioni globali e parziali dell'opera, la quantità del materiale ed il passo dei nodi.

In questo caso il modello a mappa si declina nelle tre direzioni ortogonali delle aste di bambù, schematizzando il numero e la distanza dei nodi e la lunghezza di ogni asta.

Ritroviamo la sequenza numerica riferita a tre orditure anche nello sviluppo dei gusci reticolari (*gridshell*) fatti di strisce di bambù. Anche qui, un apposito algoritmo genera la geometria di superfici, che grazie alla doppia curvatura possono essere sottili ma stabili. I dati di entrata del progetto virtuale includono le dimensioni delle fasce di bambù italiano comprese le caratteristiche di compressione e trazione del materiale. È su questi punti

di partenza che si basa la manipolazione che porta alla genesi della forma finale, modellata anche in funzione delle esigenze di fruizione o di parametri più discrezionali.

La trama è composta da tre orditure sovrapposte che restituiscono una campitura a triangoli tendenzialmente isosceli che avvolge la struttura e conferisce stabilità alla superficie (Fig. 5).

Pagurus urbanus pacificus è uno spazio avvolgente simile ad una bolla. È stato sviluppato nel 2019 come stand fieristico per poi essere usato come arredo urbano in un giardino aperto al pubblico. È stato modellato con le logiche di morfogenesi descritte e poi realizzato con il modello a mappa. La struttura è costituita da una base sagomata in legno, che ancora il guscio di fasce di bambù (AKO, 2019).

Per ogni orditura della trama, uno schema bidimensionale riporta i dati delle distanze dei nodi. Uno specifico codice identificativo per ogni nodo e la distanza numerica tra singoli nodi contigui comprendono tutte le informazioni utili alla realizzazione della trama.

La costruzione manuale prevede un'attenta riproduzione di fori in corrispondenza dei nodi sulle fasce opportunamente denominate. Le connessioni avvengono a secco per mezzo di bulloni e dadi. Le tre orditure delle fasce si sovrappongono nel nodo dove si procede manualmente alla connessione. Il controllo manuale è suscettibile di un'approssimazione minima, gli errori sono possibili, ma facilmente si notano e si correggono (Fig. 6).

Il modello a mappa, applicato alle strutture a *gridshell* di fasce di bambù, consente di smontare e ricostruire la struttura in

una nuova sede. Questo è quanto avvenuto con l'opera descritta che dopo il suo uso in fiera è stato riassembleta nel giardino della *Casa dell'Architettura* di Roma.

La stessa logica progettuale e costruttiva è stata adottata per il progetto *Nares Lucanae* la cui realizzazione era prevista per l'estate 2020 e che per via dell'emergenza sanitaria è stata rimandata.

L'algoritmo adottato in fase di progettazione permette di tenere conto delle specificità del contesto d'inserimento. In questo caso ha portato a generare una superficie reticolare in bambù che fungerà da ombra e spazio per eventi di circa 12 m. alto 5 m. alloggiato sulla terrazza di un complesso monumentale nel centro storico di Auletta (SA). Anche in questo caso c'è una base in legno per l'ancoraggio e l'orditura del guscio si sviluppa con una composizione a fasce sovrapposte.

La mappa numerica rappresenta lo strumento con cui i dati sono trasferiti dal modello digitale alla realtà materiale.

Conclusioni

Gli esempi descritti dimostrano che i materiali naturali di provenienza locale, per loro natura incoerenti ed irregolari, non costituiscono necessariamente un ostacolo ad una progettazione che si avvalga di metodologie algoritmiche generative se insieme alle stesse opere da costruire si progetta attentamente anche il processo di realizzazione. La ragione principale per l'incontro di due mondi apparentemente contrastanti sta nell'ambizione di

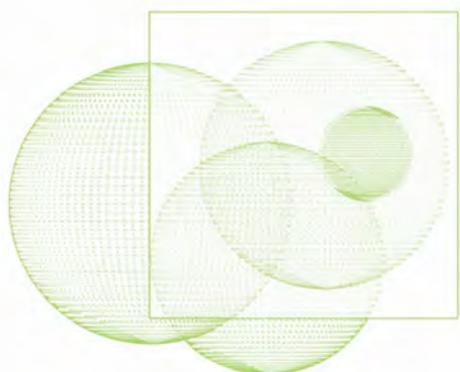
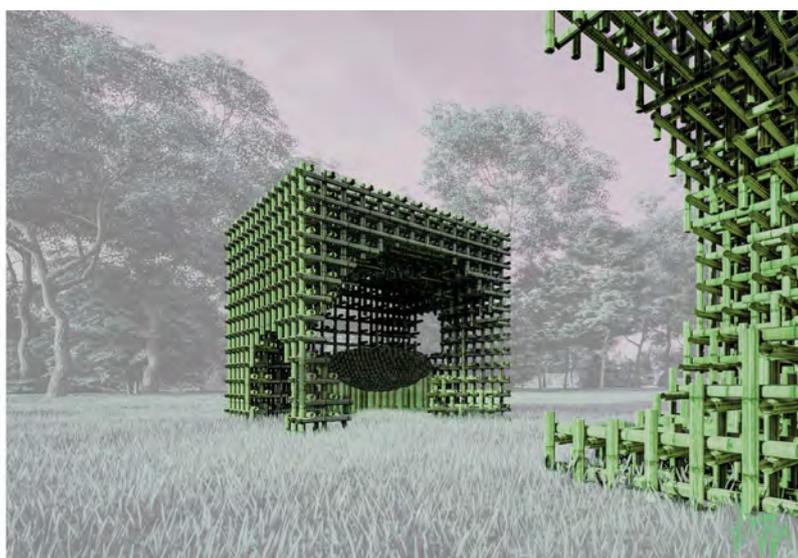


Fig. 4



205

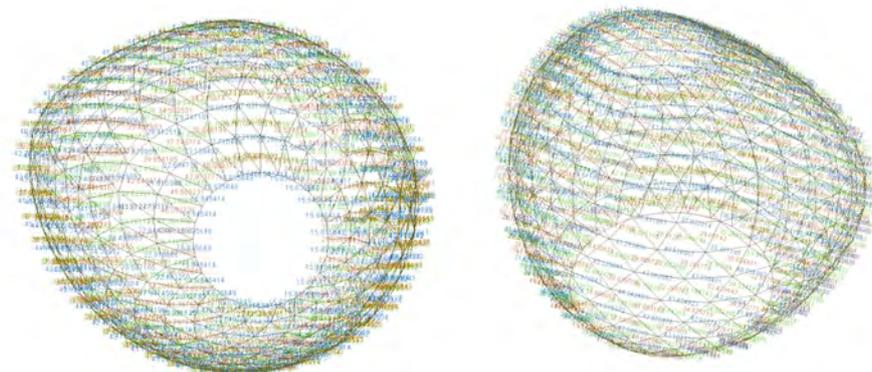


Fig. 5



unire i vantaggi che singolarmente possono apportare alla progettazione e pertanto all'ambiente costruito.

La progettazione generativa permette infatti di controllare agevolmente configurazioni geometricamente complesse, di guidare le scelte di progetto verso prestazioni strutturali o ambientali migliori, e di verificare rapidamente più opzioni per facilitare l'interazione con committenti ed altri attori coinvolti nei processi di trasformazione spaziale. I materiali naturali, dal canto loro, soprattutto se reperiti a poca distanza dal cantiere, hanno prestazioni ambientali particolarmente spiccate. Il fatto stesso di ridurre i trasporti si riflette su impatti ambientali minori a cui si aggiunge la sostanziale atossicità che, non solo rende del tutto innocuo lo smaltimento di eventuali rifiuti a ciclo di vita concluso, ma facilita anche in fase di cantiere il coinvolgimento di non addetti ai lavori.

Questa logica che sostanzialmente separa la gestione dei dati dall'approvvigionamento del materiale permette di pensare a processi progettuali e realizzativi a scala globale; ad esempio progettando a distanza e con l'ausilio di appositi algoritmi opere da implementare anche in posti lontani o difficilmente raggiungibili impiegando direttamente il materiale disponibile sul posto. Emancipando il processo produttivo dall'esigenza di macchinari sofisticati come quelli richiesti da una fabbricazione digitale convenzionale CAD/CAM, è possibile ampliare di molto il ventaglio dei possibili contesti d'intervento, sia in termini socio-economici, sia in termini geografici.

Altre modalità saranno rese possibili nel prossimo futuro per far sì che digitale e naturale possano formare un binomio sempre più forte per l'architettura dei nostri tempi.

References

- AK0 – Architettura a Kilometro zero (2019), “Digital Bamboo – progettazione con aste vegetali”, available at: <https://www.akzero.org/2019/07/digitalbambooprogettazione-digitale.html> (accessed 13 March 2020).
- Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S. and Vitoux, F. (1979), *Construire en terre*, CRAterre, Collection AnArchitecture, Paris, FR.
- Dunkelberg, K., GaB, S., Drüsedau, H. and Henniecke, J. (1985), *IL 31 Bambus/Bamboo*, Institut für Leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart, DE.
- Menges, A. (ed.) (2012), “Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design”, *Architectural Design*, vol. 82 n. 2, Wiley Academy, London, UK, pp. 14-21.
- Minke, G. (2000), *Earth Construction Handbook - The Building Material Earth in Modern Architecture*, WIT Press, Southampton, UK.
- Otto, F., and Schaur, E. (1982), *Natürliche Konstruktionen – Formen und Konstruktionen in Natur und Technik und Prozesse ihrer Entstehung*. Stuttgart, IL publications, DE.
- Oxman, R. (2014), *Theoris of the Digital in Architecture*, Routledge New York, NY.
- Sabbadini, S. (ed.) (2019), *Terra book*, Di Baio Editore, Milano, IT.
- Siani, R. (2015), “Il Processo Biomimetico Sistemico nel Progetto Tecnologico di Architettura. Strumenti metodologici, informatici e meccanici”, available at: http://www.fedoa.unina.it/10321/1/Siani_Rossella.pdf
- Weinstock, M. (2010), *The Architecture of Emergence – The Evolution of form in nature and civilisation*. John Wiley & Son, London, UK.



Fig. 6

Fig. 1 - Dima di materiale economico, generata digitalmente per guidare la messa in opera della muratura a geometria articolata. Credits: Rossella Siani

Fig. 2 - TapialDigital, composizione di sedute ergonomiche in terra cruda con finitura in calce naturale. Credits: Stefan Pollak e Rossella Siani

Fig. 3 - Waffle in compensato generati con processo CAD-CAM per sagomare i terminali dei cilindri della composizione TapialDigital. Progetto di Stefan Pollak e Rossella Siani

Fig. 4 - Proposta di padiglione da giardino in aste di bambù con geometria delle cavità generata digitalmente. Credits: Stefan Pollak e Rossella Siani

Fig. 5 - Dal modello digitale al manufatto naturale. Nuvola dei punti corrispondenti ai nodi del guscio reticolare in strisce di bambù e oggetto realizzato, installato nel giardino della Casa dell'Architettura di Roma. Credits: Stefan Pollak e Rossella Siani

Fig. 6 - Assemblaggio manuale dei giunti del guscio reticolare in strisce di bambù.

TOWARDS A NEW MATERIAL CULTURE

BIO-INSPIRED DESIGN, PARAMETRIC MODELING, MATERIAL DESIGN, DIGITAL MANUFACTURE

Barbara Pollini¹, Lucia Pietroni², Jacopo Mascitti³, Davide Paciotti⁴

Abstract

Digital technologies represent, for the world of design and material culture, unprecedented opportunities for expression and innovation. The integration of a bio-inspired design approach for the development of new materials, based on generative modelling and additive manufacturing, represents a promising challenge for the design culture. The paper intends to outline the potential and benefits of this integrated design approach, as a “virtuous circle” for the design and production of innovative and sustainable artefacts, through the description of an experimental design case study.

Keywords: Bio-inspired Design, Parametric Design, Additive Manufacturing, Designed materials, Digital Fabrication, Environmental Sustainability

¹ Politecnico di Milano, Design Department, barbara.pollini@polimi.it

² School of Architecture and Design, University of Camerino, lucia.pietroni@unicam.it

³ School of Architecture and Design, University of Camerino, jacopo.mascitti@unicam.it

⁴ School of Architecture and Design, University of Camerino, davide.paciotti@unicam.it



Fig. 1

A new way of conceiving, designing and producing sustainable artifacts in the digital age

Digital technologies, in their most recent development, are modifying and redefining the traditional criteria of design and production in our artificial world, transforming our material culture too. If we think about the new softwares supporting designers, such as those regarding parametric and generative modeling, or the new digital manufacturing and rapid prototyping technologies (e.g. additive manufacturing), we realize how progressively and definitively the traditional and distinct concepts of “designing” and “producing”, consolidated in the modern culture of design, are being transformed. The distinction between the concept and the production phase of an artifact is now questioned by the use of digital technologies, which today can support a fluid, continuous and iterative process between the concept and the physical creation of a new product. Another important paradigm shift comes from science which, in its recent ability to observe nature and physical phenomena at the nanoscale, allow us to identify, understand and replicate efficient and sustainable processes, behaviors and performances, hitherto unknown. The result is a new bio-inspired approach in the design of materials and artifacts, not just imitating forms and structures, but applying functional mechanisms and systemic relationships from nature, as it happens in “biomimesis”, a design methodology able to foster radically sustainable solutions to human problems (Pietroni, 2011). The integration of a bio-inspired design approach, together with the development of designed materials coupling bioinspired features with digital technologies, represent a promising challenge for the design culture, above all in a perspective of environmental sustainability. Therefore, the document intends to outline the potential of the benefits, in terms of innovation and reduction of environmental impacts, of this integrated approach between bio-inspired design, parametric modelling and additive manufacturing. This “virtuous circle”, and its promising development possibilities for the design of products and materials, will be exemplified through the description of an experimental design case study: SPIRO.

Spiro: a case study of virtuous integration between bio-inspiration, parametric modeling and digital manufacturing

Spiro is a concept design for a device aimed at the detection and mitigation of indoor pollution, originally developed experimentally within a final thesis of the Master’s degree program in Computational Design offered by the School of Architecture and Design, University of Camerino¹. Spiro is equipped with special sensors and a bio-inspired filtering system. The filter is designed with software using parametric modelling and produced through additive manufacturing (Fig. 1).

The project aims to innovate photocatalytic filters: a specific typology of air filters, particularly interesting if compared to other filter systems (e.g. HEPA filters) for their durability, efficiency and consequent environmental advantage (Zhong and Haghghat, 2015; Ren et al., 2017). Photocatalytic materials use titanium dioxide to trigger a chemical process activated by light called photocatalysis, which can deteriorate polluting and particulate in the air, making them harmless. In addition to a depolluting action, these filters are also antibacterial and can be regenerated simply by washing them, therefore avoiding being a continuous waste, as it happens instead for mechanical filters,

which, once clogged, become loaded with harmful substances – and therefore hardly recyclable.

In the form of powder, titanium dioxide can be added to other materials such as cement, glass or ceramic, making them antibacterial, anti-pollution, self-cleaning and anti-odour. The addition of the powder enables these materials to purify the air that comes in contact with their surface, thanks to a photocatalysis process. The collaboration with an Italian manufacturer of photocatalytic ceramic² was precious for the initial concept of the filter’s material employed in the device; its depolluting and antibacterial qualities have been the starting point to further enhance its efficiency through the design of bio-inspired shapes that could improve two fundamental parameters: the amount of surface in contact with air and the surface’s exposure to light.

The study of sea sponges (one of the most efficient filtering bodies in the world) was the starting point to optimize the porosity of the filter, a fundamental parameter for the efficient passage of air through it, aimed to increase the contact area between the air and the filter’s surface. One of the characteristics that most distinguishes the Porifera (or sponges) lays in the porous structure of their body, functional for the capture and digestion of food, that it intercepts through the filtering of large quantities of water. The liquid infiltrates the pores of the external surface (inhalation of the pores or ostioles), passes into the porous layer where the suspended organic matter is captured and finally exits through the pores of the internal wall. To summarize we can say that sponges are formed by a composite material: extremely filtering inside, uniform and leathery externally to protect itself. A similar structure has been implemented in the Spiro device filter.

The second feature to be enhanced was the refraction of light on the material. The internal morphology of the eye of long-bodied decapod crustaceans (e.g. shrimps, prawns and lobsters) can focus the light reflected on the retina using a geometric configuration divided into square tubes on a spherical surface. This structure, with a peculiar and extremely efficient design, has the function of increasing the light refraction inside the eye (Land, 1978; Chown, 1996) (Fig. 2).

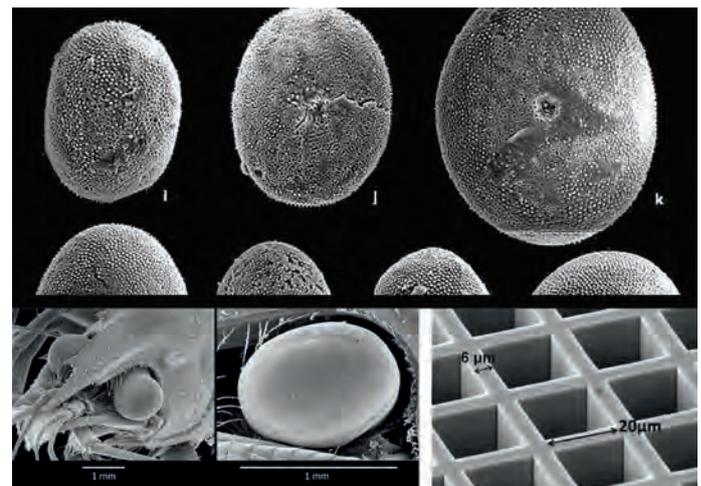


Fig. 2

The imitation of a structure similar to the one described above, hybridized with the previous one inspired by sponges and enhanced by a LED light source, has allowed the creation of a new structural system capable of increasing the efficiency of the material added with titanium dioxide.

The bio-inspired preliminary study identified organic and

1 Pollini, B., Spiro, dispositivo bioispirato per il rilevamento e la mitigazione dell’inquinamento indoor. Source: Master’s Degree Thesis in Computational Design, School of Architecture and Design, University of Camerino. Supervisor: Prof. L. Pietroni

2 Patent WO2007088151A1, accessed February 2020, from. <https://patents.google.com/patent/WO2007088151A1/en>

complex shapes and structures as necessary, difficult if not impossible to create in ceramic with the constraints of traditional production methods. For the first development of the shape, a nodal modelling software was used to start a series of design hypotheses. The goal was to improve the performance of the photocatalytic material and increase the environmental sustainability of the product, through the design of a new shape capable of enhancing the parameters of the material identified in the research phase. The parametric modelling has proved to be a fundamental tool for the creation and experimentation of complex morphologies, such as the hypothesized one.

The idea of Spiro's photocatalytic filter was conceived following two different approaches which structured the design methodology: one bottom-up and one top-down. Aiming to replicate the sponge structure, in the first approach the parameters were established to obtain the desired porosity and the maximum exposure of the surface to air. While in the second approach the designer searched the correct parameters to replicate the particular structure of the eye of the decapod crustaceans.

In both cases, it was difficult to guess in advance the morphology resulting from the modelling process, which became itself an experimental activity to try out multiple structures, tested based on the required parameters of thickness, porosity, partition and scalability of the surfaces (Fig. 3).

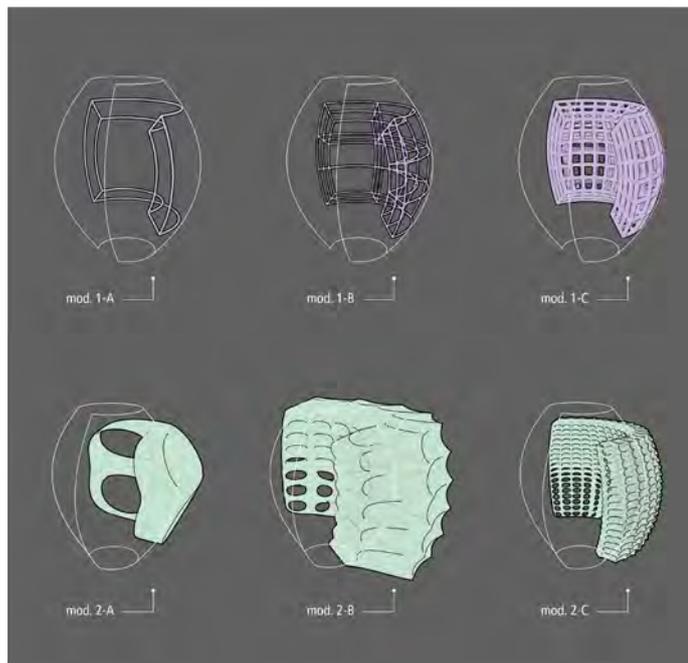


Fig. 3

The design process included several models tested in a virtual simulation; since parametric modelling facilitates and speeds up the process of checking different iterations (always leaving the possibility of changing several open variables), the models presented here are to be considered as the most interesting and mature from a design point of view.

Finally, additive manufacturing has proved to be a production technology able to create complex bio-inspired structures, needed both for prototyping the study samples and realizing the final product (Fig. 4).

Bio-inspiration for the development of a new sustainable material culture

Bio-inspiration, in a design research process, starts with the

study of nature, looking for solutions in the development of environmentally sustainable products. This process can take place from the macro to the nanometric scale, and can be aimed at the imitation of forms, structures and behaviors (of living beings as of matter), often invisible to the naked eye and not necessarily representative of our daily experience and/or perception of the world.



Fig. 04

Digital technologies boosted the material design, strengthening it with new peculiar performances (Migliore et al., 2015) which, once observed in nature, are then transferable into the project, thanks to the computational design and additive manufacturing. Structure, function, material and behavior can now be assimilated into a single design, closely related to what nature has experienced and developed over billions of years.

The greatest contribution of biomimicry is, in fact, in the development of new materials with particular features, available today in the project culture (Gallagher et al., 2014). Abilities like sensing, regulating, interacting, growing and repairing, transferred from biological systems to the development of new artificial materials and structures, can give rise to exceptional performances, able to amplify those already available - as it happened in the case of Spiro.

To achieve this goal it's necessary to go beyond the usual design boundaries and hybridize the consolidated disciplinary domains. This approach is the basis of the well-known "Krebs Cycle of Creativity" diagram, conceived by Neri Oxman in 2016³ to describe the methodology of the Mediated Matter research group she coordinates. This vision can be summarized in the concept of "Material Ecology" (Oxman, 2010), whose goal is to integrate environmental awareness with the potentiality offered by Computational Design and manufacturing, in the development of new materials; hybridizing new design practices, technologies and scientific disciplines.

A similar methodology is adopted also by the duo Rosenkrantz and Louis-Rosenberg, founder of n-e-r-v-o-u-s Studio⁴. Their projects suggest possible evolutionary scenarios for a design guided by nature in which the combination between parametric modelling algorithms and additive manufacturing can lead to experimentations that see in the material a variable parameter, shapable and configurable according to the goals set over time.

Similarly, the design of Spiro rises from the will to investigate the potentiality derived from the use of new digital technol-

³ Oxman, N. (2016). Age of Entanglement. Journal of Design and Science, available at: <https://doi.org/10.21428/7e0583ad>

⁴ n-e-r-v-o-u-s Studio. Retrieved February 2020, available at: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/>

gies integrated with a bio-inspired approach to product design, intervening also on the structure of the material, underlying once again the substantial difference between a biomorphic and a bio-inspired approach in the development of the industrial products (Mascitti and Pietroni, 2019). This difference is also evident in the goals of the two approaches: a natural aesthetic for the first; production without waste and efficient use of the material for the second.

Generative processes and additive manufacturing for projects with a high degree of complexity

The transition from the imitation of the natural form to the imitation of its constitutive logic, appears today as one of the emerging key aspects in the relationship between generative design and additive manufacturing. Computational geometry and additive production technology induce a change in the design and production methodologies. While complex products are made up of assembled parts, the production by stratification allows creating objects characterized by extreme formal complexity.

Spiro represents an experimental path of application of generative design principles to the manufacture of new products through additive manufacturing processes. In the design and prototyping of Spiro's filter, the ability to design material systems, thanks to these digital technologies, enhanced the original features in technical and environmental performances; also the derived organic aesthetics is the result of the selected parameters during the modelling phase. Thickness, porosity, cell structure, weight, surface expansion, texture, etc. are some of the parameters that can be adapted leading innovation in the design of surfaces, structures and materials.

There are other examples of projects born from the integration of digital technologies for modelling and producing, one of these is Cool Brick (Emerging Objects studio, 2015), which combines traditional material and new digital technologies in the design of a brick, developed from a 3D printed lattice, that produce evaporative cooling when the air passes through it while being wet.

By comparing the data emerged from research conducted with similar design approaches, it emerges how – in order to enhance the product's performance – the designer can modify and customize a pre-existing morphology using specific and advanced technological tools.

It may be argued that digital tools and additive manufacturing have reached a degree of maturity, whereby the ability to manipulate data, build algorithms and relations between complex components by the designer can define the final quality of a project. Not only the formal data, managed within a virtual model, but also the ones used to integrate the environmental conditions and the interactions with the user, can be translated into a finished product. These technologies, coupled with a bio-inspired approach, can support the development of new types of products characterized by highly performing shapes and functions adapting to different contexts. The product is generated, emerging from a controlled process, and no longer assembled (Murakami, 2000). The starting point is no longer formal, but logical-mathematical; the data, set by the designer and processed by the software, generate a huge number of possible results, all optimized following the given parameters.

The computational approach gains a leading role in this context, guiding the process of formal ideation as much as that of material realization (Romero, 2014). At the same time, the codification of mathematical rules and evolutionary design strate-

gies, which allow emulating complex systems in nature, enables the designer to simulate and iterate processes hitherto not formally explicit and therefore reproducible.

The integration of disciplinary domains in the design process

Spiro is among those case studies that have drawn their strength from multidisciplinary; in fact, the team was made up of different professionals from the fields of eco-design, biomimicry, additive manufacturing and engineering, supporting the following steps:

- a bio-inspired approach as a methodology to achieve design innovation;
- generative parametric modelling to increase the performances offered by the starting photocatalytic material, innovating the final product;
- additive 3D printing technology as the only production process for complex elaborate structures;
- the device engineering.

These fundamental steps were further integrated: from the encounter between bio-inspiration and parametric software, the opportunity arises to identify and test virtual parameters and complex structures; from the collaboration between parametric modelling and additive manufacturing it is possible to quickly test the complex designed structures and, finally, to define the key elements of a basic structure for a customizable and scalable production. This integration is not characterized by a linear but iterative process, which allows refining the industrial product through continuous checks and variations, thanks to the ability to parameterize and manage several unprecedented performances at the same time (Fig. 5).



Fig. 5

The methodology adopted for the design of Spiro and, in particular, of its photocatalytic filter, was divided into four phases. The first was about the study and analysis of the starting photocatalytic ceramic material, to identify the parameters that influence its efficiency in terms of air purification capacity. The second phase aimed at finding solutions in the natural world to enhance previously identified technical parameters. The third phase was dedicated to the development, generation and modelling of the complex structures that emerged from the identi-

fied technical parameters, to optimize porosity and maximum surface area exposed to light. In the last phase, some functional samples were 3D-printed for a first evaluation of the different shapes, and finally, also the complete product was produced thanks to additive manufacturing. The phases here described can be understood as the first attempt of a structured methodology, to be further developed in support of a bio-inspired approach aimed at enhancing, in terms of efficiency and performances, materials and objects. This approach has allowed not only to overcome the limits of traditional ceramic production but also to enhance the already promising performances of the starting material, thanks to the development of a new one: as a result of the integration of structure, shape and material it's possible to achieve what can be described as a "designed performance". Although Spiro is represented by an object defined in its formal, aesthetic and performance characteristics, the logic that led to the design of the device filter is actually a system, composed of basic rules applicable to various parameters; this means that the project itself can be scaled and modified, giving rise not to a static and immutable object, but to a family of objects that can vary in typology, aesthetics and performances. Spiro, intended as a design system, responds to needs such as modularity, scalability, aesthetic and functional customization, which can positively influence the sustainability of the object and the maintenance of its value over time.

Through the experimental development of the Spiro system, it has been possible to focus on a design methodology that supports the creation of bio-inspired products, by their nature complex but extremely performing, both from a technical and environmental point of view. This integrated approach represents

a new way of conceiving, designing and producing materials, products and systems, from which a newly designed materiality arises, capable of increasing the efficiency and environmental performance of the artefacts.

References

- Chown, M. (1996), "X-ray lens brings finer chips into focus", *New Scientist*, vol. 18, p. 2037.
- Gallagher, C. L., Reaser, L., Crane, P., Ataide, R.A., Mauerman, D., Undesser, M., Nunez, D. and Kushner, A. (2014), *Can 3D printing unlock bioinspiration's full potential?*, Fermanian Business & Economic Institute, San Diego, CA.
- Hammel, J. and Nickel, M. (2014), "A new flow-regulating cell type in the demosponge *Tethya wilhelma* - Functional cellular anatomy of a leuconoid canal system", *PLoS ONE*, vol. 9, p. e113153.
- Mascitti, J. and Pietroni, L. (2019), "Oltre il biomorfismo: l'approccio bioispirato", *Op. cit.*, n. 165, Electa, Napoli, pp. 51-65.
- Migliore, E., Caruso, I. and Giambattista, A. (2015), "Digital materials. La nuova materialità "biologicamente digitale", available at: <https://digicult.it/it/news/digital-materials-a-new-biologically-digital-materiality> (accessed February 2020).
- Murakami, T. (2000), *Superflat*, Madora Shuppan, Tokyo, JP.
- Oxam, N. (2010), *Material-based Design Computation*, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- Ren, H., Koshy, P., Chen, W., Qi, S. and Sorrell, C. (2017), "Photocatalytic materials and technologies for air purification", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 325, pp. 340-366.
- Romero, M. E. (2014), "Physical Computing. Strumento progettuale per i designer di oggi", in Casale, A. and Rossi, M. (ed.) *Uno (nessuno) centomila prototipi in movimento*, Politecnica, Maggioli Editori, Segrate (MI), IT, pp. 125-136.
- Zhong, L. and Haghightat, F. (2015), "Photocatalytic air cleaners and materials technologies - Abilities and limitations", *Building and Environment*, vol. 91, pp. 191-203.

Fig. 1 - 3D printed model of the Spiro project.

Fig. 2 - Poriferans and crustacean eye saw under the microscope.

Fig. 3 - Generative variations of the structure samples.

Fig. 4 - 3D printed prototypes of the structure samples.

Fig. 5 - Methodological diagram of disciplinary domains.

OGGETTI 1:1. I NUOVI PROCESSI COSTRUTTIVI DEL DESIGN INDIPENDENTE ITALIANO

Chiara Scarpitti¹

Abstract

L'evoluzione dell'industria 4.0 unitamente alla diffusione dei processi di craft contemporaneo e all'ibridazione con le tecnologie digitali, orientano sempre più i designer verso pratiche di progettazione indipendente. Analizzandone alcune modalità costruttive, la ricerca ha esaminato una serie di prodotti innovativi, comparandone gli strumenti, i materiali e le tecnologie transdisciplinari coinvolte. In una prospettiva postdigitale, dall'osservazione dei casi studio, sono emerse tre prevalenti aree d'indagine: natura vivente, neomaterialismo, corpo umano. Il passaggio graduale a cui si assiste transita da una fabbricazione omologata di multipli identici - chiaramente esemplificata dal precedente paradigma industriale di tipo fordista - ad una fabbricazione diversificata di multipli singolari, secondo un rinnovato rapporto tra uomo e oggetto di 1:1.

Keywords: Design contemporaneo italiano, Design indipendente, Pratiche transdisciplinari, Processi postdigitali, Oggetti singolari, Cultura materiale

¹ Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, l'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", chiara.scarpitti@unicampania.it



Officina Corpuscoli
The future of plastic
2014



Sovrappensiero
FurNature
2016



Sara Ricciardi
Pecten
2018



Gionata Gatto/Giovanni Innella
Geomerce
2015

Pratiche indipendenti

La disciplina del design evolve con la stessa velocità con cui mutano i sistemi tecnologici e produttivi contemporanei, frammentandosi in una miriade di declinazioni e interpretazioni possibili. Come uno specchio di questi mutamenti, ne riflette le istanze e le evoluzioni in maniera diretta, mettendone di volta in volta in discussione i precedenti parametri di riferimento.

L'evoluzione dell'industria verso la fabbrica 4.0, unitamente alla diffusione dei processi di *craft* contemporaneo, al confine tra artigianato e tecnologia, generano in misura sempre più evidente un orientamento da parte dei designer verso pratiche di progettazione indipendente. In parallelo, il consueto appellativo "industrial" – nella storica definizione di *industrial design* fornita da Tomas Maldonado nel 1976 – si è ormai aperto a interpretazioni più fluide e attuali. Le motivazioni sono molteplici e spesso dipendenti dalla libertà acquisita dai processi manifatturieri di operare oltre i confini di appartenenza. Il concetto di serialità e riproducibilità massificata abitualmente legato al design industriale pare ora si stia sgretolando alla luce dell'avanzare di un insieme eterogeneo di possibilità tecnologiche e soluzioni diversificate. In uno scenario post-industriale e post-fordista – che rivede le logiche seriali di una produzione standardizzata – «il lavoro creativo acquista una contraddittoria centralità ed è in questo passaggio che si può notare la crisi delle forme di creazione del valore che non è solo il cambiamento dei processi di produzione in termini classici/fordisti, con precarizzazione, esternalizzazione, *outsourcing*, *crowdsourcing*, ma è soprattutto una crisi del ruolo che una disciplina come il design può giocare in queste profonde trasformazioni» (Petroni, 2018).

Si tratta di mutamenti proporzionali a una crisi sistemica permanente, dove la mancanza di una struttura economica stabile tende a favorire l'allontanamento del design da un'industria di stampo tradizionale, nel suo rapporto con le aziende. Il consolidamento di una progettualità sempre più autonoma non è dunque l'esito esclusivo di una serie di concause quali la precarietà del lavoro, l'incertezza dei mercati, la discontinuità delle committenze, ma è anche il risultato di una volontà riformatrice da parte dei singoli progettisti. «Si diversificano i prodotti, quindi: non più solo oggetti industriali, ma anche progetti interattivi che mischiano analogico e digitale, semilavorati, personalizzazioni, fino alla realizzazione di dispositivi funzionali alla produzione stessa» (Alessi, 2017).

In una prospettiva storica, a partire dal 2000, questo fenomeno si amplifica con l'evoluzione di una nuova generazione di designer "quella degli anni Zero" così come definita da Chiara Alessi: una generazione capace di ibridare processi multidisciplinari, strumenti e materiali eterogenei, e al cui lavoro si affiancano tutta una serie di occasioni espositive, tra cui progetti curatoriali e fiere indipendenti.

Nel 2014 presso la *Triennale di Milano*, la mostra curata da Beppe Finessi *Il design italiano oltre le crisi. Autarchia, Austerità, Autoproduzione*, ne delinea l'esordio: «Una storia fatta di tanti episodi apparentemente minori, spesso dimenticati, di artigiani/artisti, di figure femminili che sempre hanno saputo fare tanto con poco, e di piccole realtà produttive capaci di agire libere nel cercare nuovi linguaggi e nuovi mercati» (Finessi, 2014). Il termine autarchia ne esplica innanzitutto la modalità operativa e antisistemica: l'affermazione dell'esistenza di spazi di resilienza e azione che affermano l'individualità del progettista. In questa dinamica, il designer acquista una diversa consapevolezza, riappropriandosi dei sistemi di ideazione e costruzione, attraverso

so l'instaurarsi di un rapporto più diretto con i suoi oggetti e con il pubblico.

Osservando il tema dell'autosufficienza, Finessi lo declina in tre periodi storici differenti: gli anni Trenta (dall'autarchia all'autonomia), gli anni Settanta (dall'austerità alla partecipazione), gli anni Zero (dall'autoproduzione all'autosufficienza). Tra i 600 prodotti esposti, molti sono pezzi unici o in tiratura limitata, realizzati con processi inconsueti, difficilmente riproducibili su larga scala. Da un'analisi dei materiali e dei principi costruttivi che li caratterizzano emergono: vetri artigianali, resine handmade, ceramiche tornite a mano, legni cesellati, tessuti intrecciati, mix media tra elementi naturali e artificiali. Tra i designer troviamo diversi nomi italiani ancora oggi fortemente attivi sulla scena internazionale come Massimiliano Adami, Formafantasma, Martino Gamper, Studio Nucleo, Sovrappensiero, Lanzavecchia Wai, Elena Salmistraro, Francesco Faccin. Le narrazioni di questi prodotti oltrepassano le funzionalità minime, spalancando lo sguardo a orizzonti sperimentali, sganciati da logiche puramente quantitative, per abbracciare valori culturali, etici e intellettuali, del tutto anticonvenzionali.

Nell'ultimo decennio, l'aumento di tali modalità progettuali ha trovato recenti conferme grazie alla nascita, in contesti pubblici e privati, di musei e fondazioni dedicate, oltre a gallerie e fiere specifiche tra cui in Italia citiamo *Operae* a Torino, *Edit* a Napoli, o le diverse aree dedicate al *FuoriSalone* della Design Week di Milano come *VenturaLambrate* e *Alcova*.

Sistemi di esposizione e vendita così costituiti offrono ai designer nuove possibilità di presentare i propri oggetti, prendere contatti con il pubblico, instaurare rapporti e collaborazioni. Il più delle volte per queste produzioni non esiste un mercato massificato: al contrario, si rivolgono a micro nicchie internazionali e adeguano la produzione a una domanda sempre più soggetta a cambiamenti. «In questo modo l'auto produzione è un produttore di biodiversità delle idee e degli artefatti che può influire nel sistema delle merci contemporanee in cui vive, andando a produrre per quella coda lunga di persone che vedono nel Taylor Made consapevole un'alternativa al consumo ossessivo» (Maffei, 2013).

Processi e manipolazioni postdigitali

Diversi prodotti del design indipendente italiano volti alla sperimentazione tecnologica, estetica e di senso trovano uno spazio privilegiato presso fiere, musei e gallerie di settore¹. Rievocando significati simbolici e immaginari complessi, questi oggetti suggeriscono riflessioni e comportamenti critici, attraverso l'impiego di morfologie, tattilità, colori, processi e materiali, ogni volta inaspettati. In una sorta di meccanismo di comunicazione non verbale, si configurano come dispositivi narranti, atti all'innescare di un capovolgimento di prospettiva, innanzitutto mentale.

Nel volume *Design contemporaneo. Mutazioni, oggetti, ambienti, architettura* alla domanda di Patrizia Mello «Il design è un fatto di cultura?» Gijs Bakker afferma «Considero il design un atto assolutamente culturale. Oggi si parla addirittura di "designer autore", così come si parla dell'autore di un libro. Un "designer autore" è un individuo, con un punto di vista individuale sulla vita. Il design che lui o lei fanno si basa su questa individualità. È l'opposto di un industrial designer, che viene incaricato dall'industria e che deve risolvere problemi per l'industria: in generale prodotti che sono facili da produrre e facili da vendere. Credo molto fermamente che il designer debba es-

1 Tra le gallerie italiane maggiormente attive in Italia ricordiamo la *Galleria Giustini Sagetti* a Roma, le gallerie *Luisa delle Piane*, *Nilufar Gallery*, *Rossana Orlandi*, *Camp Design Gallery* a Milano, la *Swing Gallery* a Benevento.



Fig. 2

sere un “designer autore”, per avere un impatto sulla nostra vita sociale» (Bakker, 2008).

Per l'individuazione dei processi produttivi impiegati dai designer indipendenti, la ricerca ha adottato una metodologia d'analisi che si è strutturata attraverso il vaglio di alcuni prodotti-icona presentati negli ultimi cinque anni da alcuni musei di design – tra cui la Triennale di Milano e la Fondazione Plart a Napoli – e gallerie italiane tra le più autorevoli nell'ambito della ricerca. Lo studio ha preso in esame, da un lato, gli ambiti di indagine maggiormente approfonditi e, dall'altro, l'osservazione dei materiali, dei processi e delle tecnologie digitali adottate. L'esito di questa sovrapposizione tra temi e processi ha dato vita ad una serie di riflessioni volte a compararne alcune logiche di fabbricazione.

Tra le principali caratteristiche in comune, emerge innanzitutto il superamento del principio di riproducibilità dell'oggetto che non è dato più come prerequisito minimo per l'essere valutato in quanto “prodotto”. I nuovi sistemi produttivi, ibridi e transdisciplinari, per la complessità costruttiva che li determinano, sono soliti generare oggetti difficili da riprodurre su larga scala. L'evoluzione delle tecnologie digitali che vede lo spostamento dell'*Internet of Things* verso l'*Internet of Everything* (Cisco, 2013), conduce a un'integrazione totale dove non sono più soltanto gli uomini e le cose ad essere collegate, ma anche la natura con le piante, gli animali, l'intero ecosistema ambientale. Questa condizione si sta insinuando in ogni aspetto della vita quotidiana e in ogni cosa che tocchiamo – per come può essere prodotta, diffusa o acquistata digitalmente. Reale e virtuale stanno sempre più convergendo in un'unica realtà che assorbe integralmente il digitale e fonda sé stessa a partire da questa nuova mescolanza ibrida. Il postdigitale può considerarsi ora ad una fase matura (Bolognini, 2008).

Al centro di questa relazione tra designer, produzione e oggetto, la fusione tra dimensione materiale e digitale è evidente. A confermare questa convergenza, tra i processi più diffusi vi sono l'integrazione tra materiali digitali e organici, la fusione sinergica tra prodotto e informatica, la computazione di elementi naturali, l'uso simultaneo di tecnologie computerizzate e tecniche *handmade*, l'*hacking* come pratica costruttiva di macchinari e software per la produzione di oggetti fisici.

Mettendo in luce queste modalità, la ricerca ha analizzato una serie di processi laboratoriali, esaminandone gli strumenti, i materiali e le tecnologie. In una prospettiva postdigitale, dalla comparazione di questi casi studio, emergono tre prevalenti aree d'indagine: natura vivente, neomaterialismo, corpo umano.

Natura vivente

L'elemento naturale è indagato in modi diversi ma sempre in maniera strettamente connessa al suo contesto d'appartenenza. Il design adopera la natura come sostanza primordiale, arcaica, e la riprocesa secondo tecnologie avanzate o gestualità simboliche, manipolandola mediante una sofisticata azione combinatoria. Attraverso uno studio delle sue dinamiche, la natura è esplorata anche come processo spettacolarizzato, dall'estetica catartica. Le produzioni più audaci provano a manipolare organismi viventi come batteri, funghi o piccole piante, portando il design sul piano della coltivazione dell'oggetto piuttosto che della sua riproducibilità omologata. Con approcci differenti, in questa direzione lavorano gli studi di Officina Corpuscoli, Sovrappensiero, Gionata Gatto, Sara Ricciardi (Fig. 1).

Neomaterialismo

Una nuova cultura materiale che fa della manipolazione materica il proprio focus primario prende vita da una scrupolosa ricerca in laboratorio e da un'indagine sui processi avanzati atti alla sua speculazione. Dall'intersezione di questi studi sperimentali nascono i prodotti più imprevedibili. L'innovazione estetica che ne deriva è radicale, poiché è il risultato di un'ibridazione tra tecniche, materie e strumenti, il più delle volte autocostruiti. In questo senso, l'approccio del designer è simile a quello dell'alchimista: le mani e lo sguardo aprono una dimensione sensibile che coinvolge attivamente la vista, il tatto e di cui l'oggetto ne è l'espressione diretta. Da un punto di vista concettuale, se la materia viene adoperata quasi come una sostanza chimica dai risvolti inaspettati, il digitale viene riportato al livello massimo o al contrario scompare, divenendo impercettibile all'interno del prodotto. Materiali imprevisi, organici e inorganici, digitali e analogici, tutto è collocato in un unico spazio sinestetico che è quello del laboratorio. Sulle potenzialità della materia fondano le loro ricerche lo Studio Formafantasma, Massimiliano Adami, Studio Nucleo, Maddalena Selvini (Fig. 2).

Corpo Umano

La tangibilità della nostra esistenza passa attraverso una rivisitazione dell'essere umano, inteso come campo per un'esplorazione progettuale mediante l'uso di tecnologie e strumenti computerizzati. Gli approcci più avanzati adottano le informazioni sensibili provenienti dalla rete, le pratiche del *body hacking* e l'intero corpo come input bio-digitali da inserire all'interno di



Fig. 3

sistemi produttivi. Oggetti connessi all'anatomia esterna o interna, poiché legati ad organi e parametri clinici, restituiscono output trasformabili in forme, colori, emozioni, tutte uniche e irripetibili. Il colore dell'iride, il battito del cuore, le frequenze neuronali o del respiro, i lineamenti del viso o le morfologie del corpo: ogni caratteristica umana può consolidarsi in un oggetto. Tra le metodologie più interessanti, la progettazione parametrica ha la capacità di generare una molteplicità diversificata di oggetti a partire da scansioni corporee e rielaborazioni di specifici dati personali. Tra i designer individuati che sperimentano in quest'area di ricerca troviamo Lanzavecchia Wai, Elio Caccavale, Matteo Cibic, Stefania Lucchetta (Fig. 3).

Oggetti 1:1

Le produzioni indipendenti illustrate, nonostante appartengano a differenti ambiti di indagine, convergono per analoghe manipolazioni postdigitali. Generando di volta in volta risultati singolari, questi oggetti mettono in luce possibilità produttive e di narrazione inedite, dove le visioni dei progettisti si esplicano attraverso i processi creativi stessi.

Da una prospettiva numerica, il passaggio graduale a cui si assiste transita da una fabbricazione omologata di multipli identici – chiaramente esemplificata dal precedente paradigma industriale – ad una fabbricazione diversificata di multipli singolari, secondo un rapporto tra uomo e oggetto di 1:1 (Sterling, 2003). Una modalità manifatturiera così concepita può configurarsi come espressione di un modo alternativo e sostenibile di pensare alla produzione e all'intero sistema del design. In quest'ottica, la fabbrica si trasforma, lavorando in stretta sinergia con il progettista che ne riafferma la centralità, selezionando i processi, le tecniche, i materiali, i significati.

Il principio di singolarità che ne emerge non va considerato in analogia alla caratteristica connotativa del pezzo unico d'artista, ma esprime invece il risultato naturale e ovvio di una logica costruttiva che tiene insieme parametri e criteri complessi e irripetibili. L'imprevedibilità degli elementi che confluiscono nel

processo muta a seconda dell'ambito progettuale che si indaga: materiali reinventati, nature ricomposte, corpi espansi. In una visione post digitale, dagli atomi ai bits per ritornare agli atomi, ossia alla materia fisica e all'importanza della sua tangibilità, uno dei territori più interessanti per il design contemporaneo consiste in una riproducibilità che non ripete sé stessa, ma che rivela di volta in volta stati differenti.

In risposta alle istanze cangianti della società contemporanea, le logiche costruttive possono essere intese come una metafora del progettista finalizzata alla restituzione di una propria visione del mondo. Nell'ambito delle nuove ricerche manifatturiere sul digitale, l'intento è quello di riportare il pensiero speculativo e la pratica transdisciplinare al centro dell'adozione delle tecnologie, affinché queste trovino le loro ragioni, non solo in esiti funzionali o di ottimizzazione, ma in risultati di tipo intellettuale. «Che il design proceda attraverso l'operatività tecnica, la produzione di una forma o di protocolli più concettuali, esso rivendica lo statuto di atto sociale, nella pretesa di provocare una trasformazione, diretta o indiretta, del mondo» (Quinz, 2020).

References

- Alessi, C. (2014), *Dopo gli anni Zero. Il nuovo design italiano*, Laterza, Torino, IT, p. 48.
- Bakker, G. (2008), in Mello, P., *Design contemporaneo. Mutazioni, oggetti, ambienti, architettura*, Electa, Milano, IT, pp. 156-159.
- Bolognini, M. (2008), *Postdigitale*, Carocci, Roma, IT, p.10.
- La Rocca, F. (2016), *Design e Delitto. Critica e metamorfosi dell'oggetto contemporaneo*, Franco Angeli, Roma, IT.
- Cisco (2013), "Internet of Everything", available at: https://www.cisco.com/c/m/it_it/tomorrow-starts-here/ioe.html (accessed 15 April 2020).
- Finessi, B. (2014), *Il design italiano oltre le crisi. Autarchia, austerità, autoproduzione*, Corraini, Milano, IT, p.28.
- Maffei, S. (2013), "Autoproduzione Oggi", *Op.Cit.*, n.146, Grafica Elettronica, Napoli, IT, p.8.
- Petroni, M. (2018), *Going Real. Il valore del progetto nell'epoca del postcapitalismo*, PlanarBooks, Bari, IT, p.111.
- Sterling, B. (2003), *La forma del futuro*, Apogeo Education, Milano, IT, p.11.
- Quinz, E. (2020), *Contro l'oggetto. Conversazioni sul design*, Quodlibet, Macerata, IT, p.10.

Fig. 1 - Fonti: The future of plastic, 2014: <https://www.corpuscoli.com>; FurNature, 2016: <https://www.sovrappensiero.com>; Pecten, 2018: <http://www.sararicciardi.org/it/index.aspx>; Geommerce, 2015: <http://www.giovanniinnella.com>

Fig. 2 - Fonti: De Natura Fossilium, 2014: <https://www.formafantasma.com/filter/home>; Extroflexed Crystal, 2016: <https://nucleo.to>; Alba, 2013: <http://www.massimilianoadami.it>; S-Pot, 2015: <https://www.maddalenaselvini.com>

Fig. 3 - Fonti: Neuroscope, 2010: <https://www.gsa.ac.uk/research/innovation-profiles/c/caccavale,-elio/>; Vaso Naso, 2016: <https://www.matteocibicstudio.com>; Metamorfofi percettive, 2013: <https://www.lanzavecchia-wai.com>; Diamond21, 2010: <https://www.stefanialucchetta.com>

TESSERE DI SAPERE

Michela Toni¹

Abstract

La ricerca sviluppa le potenzialità offerte dal contesto digitale per ampliare conoscenze e sviluppare progettualità, basandosi sulla ideazione di un sistema reticolare formato da “nodi” che concettualizzano know-how di aziende eccellenti produttrici del settore edilizio - Tessere da cui il nome del progetto -, e “rami” che rappresentano l’attività di ricercatori, professionisti e giovani in cerca di lavoro. Sono illustrati i contenuti di un “nodo-tipo”, interfaccia che consenta a operatori del settore di diventare motori di innovazione, utile anche per le aziende per fare crescere lavoro.

Keywords: Sistema del sapere, Conoscenza dinamica, Indicatori di qualità, Interfaccia per il progetto, Eccellenza aziendale, Sostenibilità culturale.

¹ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, michela.toni@unife.it

Sistema del sapere, lavoro e opportunità sociale

Ragionare sul contributo della tecnologia alla formazione della cultura materiale dell’era digitale, a partire da possibili definizioni di “cultura” e “materia”, è un tema stimolante, tanto più che, entrati nel secondo millennio, il settore delle costruzioni ha iniziato a essere interessato da processi di *dematerializzazione* (Rullani, 2008), finalizzati principalmente a ottenere pari livelli di prestazioni ambientali attuando nello stesso tempo una riduzione dell’intensità d’uso di energia e risorse necessarie per la produzione e gestione di beni e servizi. In particolare, per la produzione di materiali e semilavorati per l’edilizia, tale processo sta portando progressivamente a ridurre il consumo di materia ed energia per unità di bene prodotto, intervenendo sui processi produttivi, sostituendo attrezzature e utilizzando nuove tecnologie. In un quadro di questo tipo, cambia quindi il rapporto tra “materia” – intesa nel senso di risorse e beni – e “tecnologia” – comprendente processi di conoscenza, abilità operative, capacità imprenditoriali, competenze professionali e cura delle risorse del luogo –; e tale diverso rapporto sta sviluppando una nuova cultura materiale, che riguarda processi progettuali, modalità produttive e prodotti dell’edilizia, destinati a concretizzarsi in manufatti e strutture dell’architettura e della città.

Per l’impatto sui fattori ambientali, le politiche internazionali si sono focalizzate sul settore già negli anni Settanta del secolo passato quando sono emersi problemi globali quali: legame tra disponibilità di risorse energetiche ed equilibri politici interazionali; tragedie sull’uomo e sull’ambiente derivanti da guerre; conseguenze su ecosistemi di pratiche inquinanti in agricoltura. Oggi tali problemi sembrano amplificarsi per difficoltà economiche, crisi di rappresentatività politica, forti flussi migratori, aggravati ulteriormente dall’attuale emergenza sanitaria. Un apporto concreto può essere offerto, però, dalle tecnologie digitali, perché gli ampi livelli di condivisione e accessibilità che determinano, se possono dimostrarsi fattori pervasivi, come di seguito accennato, nello stesso tempo, possono aprire nuove frontiere a diversi livelli (Ronco and Pelosi, 2014).

Di fatto, gli aspetti tecnologici, economici e sociali connessi con l’intelligenza artificiale, basata su robot, lavoro automatizzato e macchine intelligenti capaci di apprendere e migliorarsi in autonomia, stanno delineando scenari caratterizzati da un forte impatto sull’economia, ma soprattutto sull’uomo e sui sistemi

sociali (Kaplan, 2016). Se esiste il forte rischio che le tecnologie digitali (IoT) siano destinate esclusivamente a relegare i presunti *users* alla passività, come utilizzatori finali di quantità di informazioni incontrollate o controllate da altri, si può anche ipotizzare, però, che le multiformi possibilità di interazioni attuabili possano permettere di realizzare connessioni fruttuose tra soggetti diversi, facendoli diventare attori di innovazione, in grado di ottenere nuove possibilità nel mercato del lavoro e dare un contributo sociale.

In questo senso, si propone l’avanzamento di una ricerca che ha per oggetto il sistema del sapere (Toni, 2016), che mette in relazione ricerca, progettazione, produzione, per generare nuove progettualità (Calabrò, 2019).

Eccellenze aziendali

Dal punto di vista metodologico, il punto di partenza della ricerca, di cui si presenta un avanzamento in questa sede, sono le esigenze di conoscenza su materiali, tecnologie, opportunità della produzione edilizia, che interessano gli operatori del settore. Riguardo a questo, è un dato di fatto che al momento attuale i manuali siano quasi esclusivamente utilizzabili per acquisire le conoscenze di base, in quanto difficili da aggiornare, ma è anche evidente che la numerosità di dati precostituiti e univoci disponibili in internet richiederebbe una mappa per orientarsi nella navigazione. Il lavoro di ricerca si concentra quindi su patrimoni di grande interesse per i progettisti, costituiti dal *know-how* di aziende leader del settore – produttrici di materiali e semilavorati per le costruzioni o fornitrici di servizi. Sono privilegiate aziende presenti sul territorio italiano – o che comunque si dimostrino in grado di interagire in maniera snella con strutture di progettazione attive nel nostro Paese.

L’intuizione seguita nella ricerca è di partire dalla ricchezza di conoscenze specifiche di tali aziende per sperimentare nuove strade offerte dal contesto digitale non solo per ottenere un costante aggiornamento sulle produzioni, ma soprattutto per sviluppare soluzioni innovative. In concreto, l’obiettivo è quello di unire in un ecosistema digitale i diversi attori del settore delle costruzioni – progettisti, ricercatori, giovani che devono immergersi nel mondo del lavoro e aziende stesse –, affinché possano interagire in maniera dinamica attraverso scambi di informazioni attuati con relazioni di input-output mediante le quali diventa

re soggetti di nuovi processi.

La struttura logica alla base della ricerca è una rete in cui aziende “eccellenti”, presenti sul mercato dell’edilizia, formano “nodi” messi in comunicazione con “rami”, rappresentati da soggetti attivi a diverso titolo nel settore. Il processo, di cui si intende favorire l’innesco, riguarda la convergenza e la diramazione di impulsi di conoscenza tra i nodi e i rami della rete, allo scopo di formare un tessuto complesso di relazioni che possa generare innovazione. Secondo questo approccio, il sistema di conoscenza che si mette in moto è caratterizzato da una natura discontinua e dinamica, formata da una molteplicità di oggetti, materiali o immateriali, a scale diverse. Questo motiva il nome che si è dato alla ricerca, “Progetto Tessere”, come trasposizione simbolica delle finalità del processo che si vuole sperimentare: infatti, costruire le tessere per futuri mosaici non significa in alcun modo tracciare disegni preordinati, ma, al contrario, dare la possibilità di realizzarne molteplici; nel caso della ricerca, output sempre diversi emergeranno quando progettisti, inventori di brevetti e ricercatori potranno utilizzare gli elementi di conoscenza (*Tessere*) desunti dal *know-how* delle singole aziende schematizzato nei nodi via via che saranno resi disponibili.

Per arrivare a questo scopo, la fase che si presenta in questa sede, si è concentrata specificatamente sulla predisposizione del “nodo-tipo”, in quanto rappresenta una guida fondamentale per costruire successivamente i diversi nodi della rete; inoltre ha messo a fuoco gli indicatori, determinanti per stabilire i criteri sulla base dei quali un’azienda può essere ritenuta eccellente e quindi interessante per essere acquisita come nodo della rete.

Per comprendere il senso di questa prima fase della ricerca, occorre naturalmente collocarla nel quadro complessivo del processo che si vuole costruire, considerando che, secondo quanto ci è dato sapere, non è stato ancora sperimentato un lavoro simile nel settore delle costruzioni.

I riferimenti concettuali e operativi possono essere rintracciati all’interno della ricerca teorica e applicata impegnata nello sviluppo di nuovi modelli per l’accesso alla conoscenza. Nell’attuale panorama, tale settore di ricerca presenta una notevole vivacità nell’ambito delle scienze economiche, dell’ingegneria informatica, delle neuroscienze. Applicato al campo ambientale, ad esempio, emergono le ricerche di Giovanni Mappa e Maurizio Casarci (ANOVA ed ENEA), che utilizzano sistemi di “Modellazione reticolare della conoscenza” utilizzabili per ottenere soluzioni valide in tempi rapidi, in analogia con la funzionalità dei catalizzatori nei processi chimici (Mappa and Casarci, 2014).

Forti analogie concettuali si riconoscono nella definizione delle connessioni reticolari in ambito *net.learning*, di cui tratta il lavoro di ricerca di Enzo Rullani, in cui l’uso della rete «mette in comunicazione uomini e contesti che possono avere un interscambio ricco e problematico, trattando situazioni complesse e realizzando forme condivise di innovazione, sperimentazione e apprendimento [...], in grado di generare valore proprio attraverso la propagazione della conoscenza in rete» (Rullani, 2004).

Un processo simile è proposto nella ricerca di “Progetto Tessere”, dove la filiera che può generare valore in rete appartiene al settore delle costruzioni e dove le “celle informative di base”, o “nodi”, del sistema reticolare proposto sono i saperi delle aziende produttrici di materiali e/o sistemi per l’edilizia.

Pixel di conoscenza per il progetto e la costruzione

Nella formulazione del nodo-tipo, una difficoltà che si è riscontrata è stata quella di doversi confrontare con tipologie di aziende profondamente eterogenee le une rispetto alle altre. Per questo il “nodo-tipo” non è una griglia rigida, ma una struttura

logica adatta a supportare elementi di conoscenza che qualificano le peculiarità di ogni specifica azienda. A questo fine è fondamentale il ruolo degli indicatori, di cui si è detto, riguardanti processi di gestione, produzione, utilizzo di risorse umane e materiali. In particolare, si è stabilito che l’eccellenza di un’azienda derivi da:

- presenza di centri studio;
- capacità di prototipazione;
- dotazione di certificazioni in base ai requisiti di normative nazionali e internazionali;
- modalità di lavoro che valorizzino risorse umane;
- attenzione a fattori ambientali e a materie utilizzate nel ciclo produttivo;
- controllo di ciclo di vita e riciclo dei prodotti;
- incentivi a formazione e sicurezza del personale.

La struttura logica del nodo-tipo prende in considerazione diversi Sistemi all’interno dei quali si sviluppano elementi determinanti per il processo di conoscenza che si tende a innescare: Sistema delle aziende, Sistema dei prodotti e aspetti specifici.

Il primo punto individua i modelli organizzativi delle aziende – evidenziati ai fini della possibilità di interazione per progettisti, ricercatori, giovani tecnici che cercano di inserirsi nel mondo del lavoro – e il loro impatto su innovazione, crescita, performance economica.

Il secondo punto è dedicato a materiali, tecnologie e opportunità produttive, scegliendo come esempio di tale complessità il settore delle facciate leggere; è introdotto il tema della qualità, da scandagliare quando si passa da produzioni standard a sistemi customizzati.

Il terzo punto fa spazio ad aspetti specifici, utili per il progetto e la costruzione nell’architettura e nel design; come nel punto precedente, per le esemplificazioni sono scelte le facciate leggere, con particolare riferimento ad aspetti tecnologico-ambientali qualificanti.

Come è evidente, ogni nodo, o *Tessera* del sistema, che sarà elaborata sulla base del “nodo-tipo”, sarà sostanzialmente diverso da un’azienda all’altra in relazione alla struttura di impresa e al tipo di produzione o servizi in cui l’azienda specifica è attiva. Ogni “Tessera” ingloberà “unità minime” di conoscenze digitalizzate, dotate di interfacce per la visualizzazione delle informazioni su supporti cartacei o informatici, parzialmente linkabili da piattaforme *open data*. Si può pertanto ipotizzare che, a partire da “smart pixel” di “connessioni inaspettate”, i soggetti che appartengono a strutture informatiche aziendali, universitarie, di ordini professionali o di altre realtà, che avranno scelto di avvantaggiarsi della condivisione di “Progetto Tessere”, potranno sviluppare innovazioni riguardanti spazi e oggetti a scale diverse, comprendendo soluzioni tecniche, modalità d’uso, interpretazioni morfologiche e altro.

Per chiarire come si pensa di avanzare nella ricerca dopo la fase che si è conclusa, non ci si riferisce tanto a quanto si può ottenere con funzionalità tipiche di piattaforme collaborative, ma una indicazione per la strada che si vuole sperimentare, oltre ai precedenti citati, sono gli studi di Albert-László Barabási, fisico e informatico, esperto della scienza delle reti, che ha indagato in diversi momenti della sua attività di ricerca sul tema della conoscenza come frutto delle relazioni sulle reti (Barabási, 2002). In questa direzione, una seconda fase sarà dedicata alla costruzione di un database dinamico, formato da “nodi” sulle diverse aziende costruiti sulla base del “nodo-tipo”, e allo studio di una tipologia di piattaforma in grado di utilizzarlo.

Prima di concludere, un’ultima osservazione sul ruolo delle aziende nella ricerca, che è fondamentale, considerando che il *know-how* detenuto da tali strutture ne è il punto di partenza.

Come si può riscontrare, in questi ultimi anni, l'estrema specializzazione sta portando in molti casi a concentrare determinati saperi all'interno di aziende, cosicché progettisti e ricercatori sono talvolta guidati a esternalizzare parte del proprio lavoro, delegandolo alle strutture di ricerca e progettazione che si stanno sviluppando con sempre maggiore incidenza in ambito aziendale. In maniera complementare, lo stesso si può dire per percorsi formativi sempre più spesso chiusi nel recinto delle aziende, rispetto alle quali le strutture istituzionalmente preposte a formazione e ricerca hanno difficoltà a sviluppare forme di collaborazione che non decadano nel delegare.

Sono però evidenti i limiti che barriere poste alla condivisione delle conoscenze determinano rispetto alla evoluzione del settore anche in termini di creatività e lavoro. In controtendenza, la ricerca punta quindi a sperimentare opportunità offerta dalle tecnologie digitali ai fini dello sviluppo di una filiera creativa con significative positività per tutti gli operatori del settore.

La compresenza dei diversi soggetti è il riferimento prioritario del "Progetto Tessere", che non è finalizzato esclusivamente alla ricerca o allo sviluppo di un mercato, ma punta anche ad avviare un disegno di valorizzazione delle risorse umane disponibili nei diversi territori, tentando di sperimentare un processo di *sostenibilità culturale* per un vantaggio collettivo.

Una parte dei risultati sul "nodo-tipo" è confluita in un testo recentemente pubblicato presso Altralinea Edizioni di Firenze, che rappresenta il Numero Zero della nuova Collana *Tessere*, che ha per oggetto la costruzione di "nodi" su aziende, come inizio del data base dinamico nei termini indicati dalla fase della ricerca qui presentata.

References

- Barabási, A. L. (2002), *Linked: The New Science of Networks*, Perseus Books Group, New York, NY.
- Calabrò, A. (2019), *L'impresa riformista*, Bocconi, Milano, IT.
- Kaplan, J. (2016), *Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Levitin, D. J. (2008), *The World in Six Songs: How the Musical Brain Created Human Nature*, Dutton Penguin, New York, NY.
- Mappa, G. and Casarci, M. (2014), "Modelli di Conoscenza come catalizzatori di efficienza cognitiva e strumento di sviluppo di sistemi decisionali: il caso BATTLE", *Energia, Ambiente e Innovazione*, vol. 2-3, pp. 41-48.
- Quaratino, L. and Serio, L. (2009), "L'innovazione aperta - La prospettiva dell'innovazione aperta e le nuove logiche organizzative e manageriali", *Sviluppo & Organizzazione*, n. 234, pp. 64-75.
- Ronco, J. and Pelosi, R. (2014), "L'Open Innovation come modello di gestione della conoscenza per facilitare l'eco-innovazione", *Energia, Ambiente e Innovazione*, vol. 2-3, pp. 28-34.
- Rullani, E. (2004), *La fabbrica dell'immateriale. Produrre valore con la conoscenza*, Carocci, Roma, IT.
- Rullani, E. (2008), "Economia della conoscenza nel capitalismo delle reti", *Sinergie*, vol. 76, pp. 68-90.
- Toni, M. (2016), "Creatività per contatto", *Sinapsi, design e connettività, MD Journal*, vol. 2, pp.114-125.

LA PROGETTAZIONE TECNOLOGICA E AMBIENTALE NELL'ERA DIGITALE: TRA BIG DATA E SENSO DELLA MISURA

Monica Lavagna¹

Abstract

Il presente contributo restituisce una riflessione sulla progettazione tecnologica e ambientale nell'era digitale, attraverso il trasferimento di alcune posizioni di filosofi, epistemologi, economisti, biologi, per affrontare le domande: quale ruolo della tecnologia per il progetto? quale rapporto tra natura e progetto? quale cultura per il progetto? Si propone un nuovo "umanesimo" del progetto e della tecnologia, che consenta di bilanciare la deriva "ingegneristica" "positivistica" "scientifico-centrica", riportando l'attenzione dagli aspetti quantitativi agli aspetti qualitativi.

Keywords: Dati, Informazione, Tecnologia, Natura, Progetto, Umanesimo

¹ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, monica.lavagna@polimi.it

Dati e gestione dati per un progetto "informato"

L'era digitale mette a disposizione del progetto (in particolare nella sua dimensione tecnologica e ambientale) una base di informazioni molto ricca e articolata e un notevole numero di strumenti di gestione di tali dati. Quantità considerevoli di dati sono reperibili negli articoli scientifici, circolano sul web in maniera condivisa, sono disponibili all'interno di database. La prospettiva dei *big data* apre alla possibilità di moltiplicare esponenzialmente tale quantità di dati reperibili, scambiati e diffusi. Ma a fronte di tale esplosione di informazioni accessibili si aprono due problemi: da un lato l'attendibilità e la qualità del dato e dall'altro la capacità di gestire e manipolare tale enorme quantità di informazioni. Il primo aspetto è risolvibile, teoricamente, in base alla autorevolezza della fonte, che però spesso non viene fino in fondo indagata da chi usa i dati; inoltre sempre più spesso anche i dati provenienti da fonti autorevoli (es. certificazioni ambientali di prodotto) sono sempre meno "verificati", proprio per l'elevata mole di flussi di dati rispetto ai quali i controlli vengono effettuati solo a campione. Il secondo aspetto può essere risolto dall'introduzione di software di gestione dei dati orientati all'automazione (si pensi ai *plugin* per BIM sulla valutazione LCA degli edifici), dove però la manipolazione dei dati diventa una scatola nera per l'utente e dove i flussi di informazioni scorrono lungo un percorso predeterminato (magari anche dall'utente) dall'input all'output, ma non più governato lungo il percorso (se non in modo standardizzato). Tutto questo tende a rendere la raccolta dei dati e la manipolazione dei dati qualcosa di meccanico e alienante, lasciando poco spazio alla riflessione, all'interpretazione e all'identificazione delle eccezioni, dei cigni neri, dei "fuori regola". Il risultato della valutazione è accessibile a tutti, ma non sempre correttamente interpretabile e un eventuale "errore" negli input può non venir rilevato negli output se non si possiede sufficiente sensibilità e competenza dello specifico ambito di valutazione. Sempre più oggi il progetto diventa ottimizzazione delle prestazioni quantificabili e generazione "automatizzata" delle soluzioni (pensiamo al *machine learning*). Occorrerebbe invece orientarsi verso un progetto "informato" e "consapevole" in cui rientrino anche gli aspetti qualitativi, l'istinto e l'esperienza.

L'aspetto che inoltre occorrerebbe conoscere con chiarezza e trasparenza è che cosa il dato esprime: fondamentale è dunque

affiancare i dati con i metadati, ossia con la descrizione dettagliata di che cosa il dato rappresenta, come è stato costruito, quali confini e quali assunzioni sono stati posti (si pensi ai *dataset* contenuti nei database LCA). Tenere tracciato il contesto in cui il dato è stato raccolto e da cui è stato determinato è importante per non assumere dati decontestualizzati travisandone il significato. E bisogna fare attenzione alle possibili manipolazioni dei dati che vengono fatte volutamente, al fine di creare informazioni orientate.

Occorre quindi spostare l'attenzione dalla quantità dei dati alla qualità dei dati, per costruire una corretta informazione e conoscenza.

A questo quadro di incertezza si aggiunge la fragilità delle previsioni. L'era digitale mette a disposizione del progetto sofisticati strumenti di simulazione e modelli previsionali. Tuttavia il progetto non sempre è capace di anticipare gli scenari di evoluzione della realtà e le ripercussioni delle modificazioni che il costruito determina. «Oggi la nostra capacità di fare supera la nostra capacità di prevedere gli effetti del nostro fare» per cui «l'effetto tecnico supera di gran lunga il sapere previsionale» (Galimberti, 2014, p. 17).

Nonostante tutti i dati e strumenti disponibili, il progetto non sempre è sufficientemente "informato", poiché la quantità di informazioni non necessariamente porta a una qualità dell'informazione e a un suo uso consapevole.

Inoltre, sfugge la dimensione della qualità del progetto. A fronte di un progetto "controllato" dal punto di vista quantitativo (es. basse emissioni di CO₂), ma senza possibilità di controllo dell'esito qualitativo (es. benessere o estetica), ci si pone la domanda di quali possano essere le basi di scelte progettuali orientate alla qualità nell'era digitale, che consenta di bilanciare la deriva "ingegneristica" "positivistica" "scientifico-centrica".

Per affrontare tale ricerca, si proporranno alcuni trasferimenti concettuali: dalla crescita "quantitativa" allo sviluppo "qualitativo" (Boulding, 1966) della conoscenza/informazioni per il progetto; dal determinismo progettuale all'incertezza sistemica (Bateson, 1972) come base progettuale; dalla competizione disciplinare alla cooperazione (co-creazione) disciplinare (Georgescu-Roegen, 2003); dai sistemi a retroazione (*feedback*) positiva ai sistemi autocorrettivi a retroazione negativa (Bonaiuti, 2013).

Quantità dei dati *versus* qualità dei dati

Il progetto deve essere “formato” dalla cultura e non semplicemente “informato” da dati. «Dal punto di vista umano, la conoscenza o l’informazione è di gran lunga la più importante delle tre sistemi (materia, energia, informazione). La materia acquisisce significato ed entra nella sociosfera o nell’economia solo nella misura in cui diventa un oggetto della conoscenza umana» (Boulding, 1966). Ma l’informazione e la conoscenza non sono sufficienti alla creazione di cultura, che consiste nella capacità di rielaborazione critica, riflessione, raffronto delle informazioni che compongono la conoscenza. Cultura significa esperienza, coltivazione, sedimentazione e richiede tempo.

L’uomo ha sempre vissuto in uno strano rapporto tra confine del conosciuto e senso dell’illimitatezza del non conosciuto: prima il limite fisico era la città e l’illimitatezza era il territorio; oggi il limite fisico è il pianeta Terra e l’illimitatezza è l’Universo. Così anche nei processi di conoscenza teorici, vi è un perimetro delle conoscenze possedute, ma un’infinità di conoscenze ancora da acquisire. Il processo di espansione dei confini fisici e immateriali porta a una crescita quantitativa delle informazioni (e della conoscenza), ma non necessariamente a un miglioramento qualitativo (cultura). Forse perché la quantità di informazioni che ci sollecita ci ruba tempo alla loro rielaborazione. Anche all’informazione possiamo applicare la legge dell’entropia: la crescita dell’informazione porta anche alla sua degradazione qualitativa.

Dovremmo trasferire la metafora di Boulding (1966) dell’economia del cowboy e dell’astronauta dall’ambito fisico all’ambito conoscitivo: oggi siamo ancora in una fase di espansione illimitata delle informazioni, dove si è convinti che la crescita quantitativa di accesso ai dati sia un elemento di miglioramento della conoscenza; in realtà manca un’adeguata capacità di controllo di tali flussi informativi e spesso si creano distorsioni interpretative.

Dovremmo applicare una gestione delle informazioni che ci consenta di creare una base di conoscenza valida nel tempo e non a rapida obsolescenza.

Come non è la quantità di cose che possediamo a determinare il nostro livello di benessere, ma la loro qualità, altrettanto per migliorare la nostra conoscenza non basta un aumento quantitativo delle informazioni, ma occorre un controllo qualitativo delle informazioni.

Misura e senso della misura

La scienza moderna indaga la natura non per conoscerne le leggi, ma per applicare «le intenzioni della progettualità umana» (conoscere per dominare), trasformando la natura da «manifestazione dell’essere» in «fisica espressa dalle figure della quantità e del numero»; la natura diviene così «puro materiale da utilizzare» (Galimberti, 2014, p. 21).

Già la fisica di Galilei era «disumanizzata» e «denaturalizzata» e da allora a oggi «lo sguardo matematico» impone che «solo ciò che è prodotto matematicamente è conoscibile, e solo ciò che è concepito meccanicamente è scientifico» (*ibidem*, p. 45). Viviamo nel «regno della quantità»¹. E questo si riflette oggi sempre più anche nell’attività progettuale, dove la quantificazione delle prestazioni sembra legittimare le scelte progettuali anche qualitativamente.

Misurare le prestazioni (tecniche, ambientali, economiche, ecc.) del progetto porta spesso ad applicare processi di “ottimizzazione” che diventano di “massimizzazione”, perdendo il

“senso della misura”. «I sistemi biologici non tendono alla massimizzazione di alcuna variabile e hanno una pluralità di fini» (Georgescu-Roegen, 2003, p. 11).

Invece gli attuali orientamenti all’ottimizzazione multicriteria degli aspetti quantitativi, alle volte attuata addirittura in maniera impersonale tramite strumenti automatici, porta a una deterministica scelta progettuale, peraltro con basi dati non sempre particolarmente attendibili. Quindi abbiamo risultati espressi con valori definiti con la virgola, ma con incertezza del 30%. L’espressione numerica ci fa sembrare scientifico, attendibile e solido il dato, ma spesso si cela una notevole carenza informativa e un elevato livello di approssimazione. Eppure su quei numeri decidiamo di basare le nostre scelte progettuali.

Inoltre l’applicazione di metodi matematici viene spesso adottata anche per definire l’importanza relativa dei vari aspetti decisionali in gioco, come avviene per esempio con l’applicazione di procedure di pesatura (peraltro spesso basate sulla soggettività) di fronte a valutazioni multicriteria (si pensi per esempio ai *Green Rating Systems*). La messa a sistema delle diverse istanze del progetto porta in genere all’instaurarsi di meccanismi gerarchici (definizione degli aspetti prioritari) e competitivi. Il pensiero razionale cerca di ordinare le possibili alternative in base all’utilità (“ordine gerarchico dei bisogni”), senza considerare che un autentico benessere è determinato da molteplici fattori (Bonaiuti, 2013) che dovrebbero coesistere.

Occorre passare dal determinismo progettuale all’incertezza sistemica come base progettuale. Non è ottimizzando le parti che ottimizzo il tutto, ma occorre sempre un sistema di valori multidimensionale; invece spesso avviene una selezione delle informazioni in base alla finalità (Bateson, 1972).

Peraltro è possibile constatare che nonostante il continuo aumento e complessificarsi dei parametri in gioco nelle scelte progettuali, tra cui i parametri ambientali, ancora oggi due elementi chiave trainanti le scelte di progetto sono o l’estetica (in progetti con ampia disponibilità economica) o il minor costo (in progetti speculativi). Gli altri aspetti entrano a far parte del progetto a corollario di questi. Non è un caso che l’efficienza energetica abbia avuto successo, dal momento che porta con sé un risparmio economico, ma l’efficienza ambientale di meno perché l’aspetto economico non è immediatamente correlato (esternalità).

Crescita *versus* miglioramento

Nelle definizioni di scelte e strategie l’aspetto economico tende a essere l’aspetto prioritario e porta all’instaurarsi di meccanismi competitivi sul mercato (sui temi prestazionali, sui temi ambientali, ecc.). Perseguire l’efficienza attraverso una competizione esasperata è conseguenza di una visione riduttiva e di un atteggiamento distruttivo. «I sistemi biologici presentano una combinazione di comportamenti di tipo competitivo e cooperativo [...] in contesti non espansivi (di equilibrio) sono i comportamenti cooperativi che generalmente favoriscono il successo» (Georgescu-Roegen, 2003, p. 12). La «competizione posizionale [...] tra soggetti appartenenti alla stessa specie (aziende che competono sullo stesso mercato e producono un bene omogeneo)» crea una «spirale autoaccrescitiva» in cui «le quote di mercato che ciascuna impresa riuscirà ad accaparrarsi resteranno invariate», ma con un aumento dei costi e una perdita dei profitti, e dunque una tendenza all’autodistruzione. Invece la cooperazione, la creazione di reti di collaborazione, la sinergia di più competenze disciplinari portano a miglioramenti, riducendo consumi e costi. Del resto la complessità richiede la transdisciplinarietà e il progetto, così come la realizzazione dell’opera e la

¹ Guènon, R. (1945), *Le règne de la quantité et les signes des temps*, tr. it *Il regno della quantità e i segni dei tempi*, Adelphi, Milano, 1982.

sua gestione, è un'attività complessa che richiede una “negoiazione” tra istanze differenti, che deve tradursi in cooperazione.

Nella ricerca di questo “equilibrio” progettuale, occorre considerare anche il ruolo delle innovazioni, anche queste interpretabili in termini quantitativi o in termini qualitativi. «I sistemi a retroazione negativa sono autocorrettivi, mentre i sistemi a retroazione positiva sono autoaccrescitivi» (Bonaiuti, 2013, p. 40). Il processo di crescita accelerata e di innovazione continua che ha caratterizzato l'ultimo secolo ha portato situazioni di crisi dell'equilibrio sociale (disparità fra chi accede allo sviluppo tecnologico e chi no) e naturale (crescita esponenziale dei consumi di risorse e dell'inquinamento). La continua “fuga in avanti” crea entropia. L'espansione quantitativa delle innovazioni non ha migliorato la percezione di benessere, anche nelle società occidentali dove la mercificazione dei bisogni porta a vivere in un continuo stato di insoddisfazione per il non posseduto. Occorre uno spostamento dalla ricorsa quantitativa di innovazioni (in genere incrementali) a una rivoluzione qualitativa del tipo di innovazioni introdotte.

Tecnologia, natura e cultura per il progetto

Il progetto è un atto di trasformazione e come tale implica la volontà di modificare l'ordine naturale, attraverso l'imposizione di un nuovo ordine. Di conseguenza non possiamo immaginare un atto progettuale che non sia anche di contrasto con la natura. Ma dobbiamo soppesare l'entità di questo contrasto. La modificazione della materia, la chimica, le nanotecnologie, la virtualizzazione delle esperienze sensoriali, le tecnologie digitali esponenziali (intelligenza artificiale, 5G, *blockchain*, robotica, biotecnologie, realtà aumentata, *quantum computing*) forse sono un oltrepassare il limite senza avere gli adeguati strumenti per prevederne gli effetti. Occorre senso della misura dunque anche nel livello di manipolazione e di alterazione, prima che le conseguenze non siano più governabili e prima di far diventare realtà i film di fantascienza come *Blade Runner* o *Ready Player One* (in cui le città sono baraccopoli di container degradati impilati e le persone dotate di visori vivono nella realtà virtuale). Occorre ricordarsi che le tecnologie digitali sono un “complemento” delle tecnologie tradizionali e non possono essere sostitutive rispetto alla produzione “fisica”.

Per superare la deriva “ingegneristica” “positivistica” “scientifico-centrica”, si propone un nuovo “umanesimo” del progetto e della tecnologia. Occorre una “riconversione” dei fini, per ottenere una “conversione” dei mezzi.

La tecnologia deve essere un mezzo e non un fine (fine a se stesso). Dalla tecnica come mezzo per dominare la natura, ci ritroviamo oggi a «inseguire i risultati che la tecnica promuove da sé»; «anche l'uomo è diventato materiale per la tecnica» (Galimberti, 2014, pp. 37-38). L'uomo non solo non è più dominatore, ma è ormai diventato «l'esecutore passivo delle possibilità della tecnica» (*ibidem*, p. 40). La tecnica guarda alla natura come «materiale da organizzare» e si dirige verso una sempre maggiore artificialità (*ibidem*, p. 42). «Il fatto che i piani e i dispositivi della tecnica riescano in numerose invenzioni non dimostra affatto che le conquiste della tecnica rendano possibile anche l'impossibile»². La spinta all'innovazione per l'innovazione (volontà di potenza) deve essere sostituita dall'innovazione per l'umanizzazione dell'abitare, rinaturalizzando l'uomo, le sue attività, i suoi artefatti e i luoghi in cui abita.

La natura umana e la Natura devono essere ricollocati al

centro del progetto. Il rapporto di equilibrio tra uomo e natura non può essere né un rapporto di dominio (distruzione), né un rapporto di sottomissione (annullamento)³. Occorre ritrovare il senso della misura, che non può essere inteso né come l'uomo quale misura (antropocentrismo) né come la natura come misura delle cose (concezione greca della natura come necessità e legge immutabile). Abbiamo compiuto un percorso di millenni per definire tale rapporto e forse stiamo ritornando al punto di partenza. O forse è la natura che ci fa accorgere di quanto la nostra volontà di dominio e il nostro fare i conti solo guardando a noi stessi e non all'intorno porta a distruggere quell'intorno e di conseguenza noi stessi, infrangendo la nostra presunzione contro l'incapacità della tecnica di oltrepassare il limite delle leggi (o disordini) che presiedono i processi naturali. La natura probabilmente non è immutabile come pensavano i greci e l'uomo è in grado di modificarla, fino al punto di renderla vulnerabile, ma nello stesso tempo la natura non è dominabile come pensavano gli illuministi e quindi le modifiche dell'uomo rischiano di avere effetti ingovernabili. È tempo di trovare un punto di equilibrio intermedio, che però non deve essere inteso semplicemente come conservazione della natura al fine di preservare la vita dell'uomo, intenzione troppo debole perché «viziata dal presupposto antropocentrico» (Galimberti, 2014, p. 17), ma un vero cambiamento nel modo dell'uomo di vivere come parte della natura, che non deve essere confuso con l'addomesticazione della natura negli orti urbani, nel bosco verticale o nelle serre idroponiche, dove la natura può vivere solo grazie all'assistenza della tecnica, o con la manipolazione del paesaggio, attraverso la compromissione della natura (*ibidem*).

Occorre una rinnovata cultura progettuale, un nuovo “umanesimo” per uscire dagli attuali “secoli bui” del sonno della riflessione, del deterioramento culturale, dell'assuefazione digitale. L'era digitale ci mette a disposizione mezzi potenti che però vanno governati e richiedono il nostro controllo e la nostra assunzione di responsabilità⁴ dell'uso che facciamo di tali strumenti e delle scelte progettuali che compiamo, che non possono essere delegate ai risultati automatizzati di una macchina.

References

- Bateson, G. (1972), *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano, IT.
 Bonaiuti, M. (2013), *La grande transizione. Dal declino alla società della decrescita*, Bollati Boringhieri, Torino, IT.
 Bonaiuti, M. (2017), *Georgescu-Roegen. La sfida dell'entropia*, Jaka Book, Milano, IT.
 Boulding, K. E. (1966), “The Economics of the Coming Spaceship Earth”, in Daly, H. E. (ed.), *Environmental quality in a growing economy*, John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
 Galimberti, U. (2014), *L'usura della terra*, Edizioni Albo Versorio, Milano, IT.
 Georgescu-Roegen, N. (2003), *Bioeconomia: verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, edizione italiana, Bonaiuti, M. (ed.), Bollati Boringhieri, Torino, IT.

2 Heidegger, M. (1936-46), *Überwindung der Metaphysik*, tr. it. *Oltrepassamento della metafisica*, in *Saggi e discorsi*, Mursia, Milano, 1976, p. 64.

3 Rossi, P. (1988), “Atteggiamenti dell'uomo verso la natura”, in Ceruti, M., Laszlo, E. (ed), *Physis: abitare la terra*, Feltrinelli, Milano, 1988.

4 Jonas, H. (1979), *Das Prinzip Verantwortung*; tr. it. *Il principio responsabilità. Un'etica per la civiltà tecnologica*, Einaudi, Torino, 1990.

IL PROJECT MANAGEMENT 4D: STRATEGIE DIGITALI PER LE SOSTENIBILITÀ DEI PROCESSI REALIZZATIVI

Sofia Agostinelli¹, Fabrizio Cumo², Francesco Ruperto³

Abstract

Il contributo esamina la sperimentazione di processi di gestione e simulazione digitale volti alla pianificazione e programmazione dei lavori di costruzione ed alla valutazione dei rischi connessi, esplorando potenzialità e criticità di tale approccio nelle fasi di pre-costruzione e costruzione, sino alla consegna dell'opera ultimata. Metodi e strumenti di modellazione informativa infatti possono supportare il processo decisionale integrando informazioni di tipo geometrico con proprietà ed attributi specifici degli elementi che compongono i modelli digitali, consentendo così una gestione dei rischi connessi non solo alla verifica di interferenze, ma anche di parametri identificati come sensibili ai fini della gestione delle fasi di esecuzione.

Keywords: Project management, 4D, Construction management, Digital construction, Visual construction design

¹ DIAEE - Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica, Energetica, Sapienza Università di Roma, sofia.agostinelli@uniroma1.it

² CITERA - Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente, Sapienza Università di Roma, fabrizio.cumo@uniroma1.it

³ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, francesco.ruperto@uniroma1.it



Fig. 1

Definizioni e stato dell'arte

La gestione della variabile tempo nell'industria delle costruzioni è un'attività che riveste un ruolo di fondamentale importanza nell'esecuzione di un progetto, e che tradizionalmente si rende operativa, ad esempio, mediante lo strumento del cosiddetto "cronoprogramma" qualificato quale uno degli elaborati componenti il progetto esecutivo nel codice degli appalti pubblici.

Tali attività possono essere gestite con maggiore efficienza ed efficacia mediante una consapevole adozione di metodi e strumenti di modellazione elettronica degli edifici e delle infrastrutture. La trasformazione digitale del settore delle costruzioni però necessita dell'adesione al cambiamento di tutti gli operatori coinvolti a diverso titolo nei processi di sviluppo dell'ambiente costruito. Se da una parte le strutture di committenza pubblica sono indirizzate ad una progressiva digitalizzazione dei flussi informativi dai recenti dispositivi legislativi, e le organizzazioni private sono mosse da necessità di razionalizzazione e monitoraggio del proprio patrimonio immobiliare e/o infrastrutturale, dall'altra progettisti ed imprese sono chiamati ad una transizione, le cui motivazioni devono trovarsi anche in ragioni di convenienza e vantaggio competitivo.

La simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione del tempo oltre che dello spazio (UNI 11337) consiste nella realizzazione di modelli orientati alla cosiddetta quarta dimensione e caratterizzati da attributi informativi declinati secondo specifici obiettivi temporali. In questo senso date, durate di installazione, codici lavorazione, risorse necessarie ecc. diventano parametri caratterizzanti il modello, che contribuiscono a garantire un solido controllo nella riduzione della possibilità di incorrere in circostanze impreviste.

Livelli elevati di controllo 4D combinati con l'esperienza ed il potenziale dell'*ICT (Information Communications Technology)* in termini di potenza di calcolo, condivisione delle informazioni, disponibilità in modalità mobile, applicazioni di realtà aumentata e implementazione di algoritmi predittivi, permettono di realizzare un modello capace di disarticolare le fasi costruttive.

Infatti, la logica intrinseca secondo cui si sviluppa la Pianificazione e la Programmazione nell'ambito del Project Scheduling risponde a criteri di astrazione delle attività tratte dall'analisi del Progetto Esecutivo/Costruttivo, e articolate tramite strutture di scomposizione *WBS (Work Breakdown Structure)* che si relazionano attraverso legami di propedeuticità.

La possibilità di costruire un ambiente digitale orientato alla quarta dimensione per la gestione dei tempi, contribuisce dunque allo sviluppo di processi costruttivi in grado di ridurre al minimo lo spreco di materiali, tempi e risorse, al fine di generare il massimo valore economico possibile nel soddisfacimento delle richieste del committente. Inoltre, la comunicazione efficiente tra gli *stakeholder* di progetto ed il trasferimento integrato delle informazioni relative alla costruzione, rappresenta un vantaggio anche in termini di utile per l'impresa di costruzione. In altri termini, il 4D modeling può costituire un supporto decisivo sia alle funzioni di *Risk Management* che di *Construction Planning*.

Un importante contributo allo sviluppo della conoscenza e delle potenzialità del BIM risiede nell'iniziativa *BIME*¹, che si configura come una rete di esperienze e declinazioni sulla mate-

ria, nonché come uno sforzo di condivisione intrapreso da ricercatori e volontari sia dell'industria che del mondo accademico.

Come prima declinazione, tramite l'identificazione dei *Model Uses*, si individuano e raggruppano i requisiti informativi che devono essere collegati-incorporati all'interno dei Modelli digitali, sviluppando così un linguaggio modulare più ampio che collega tali requisiti a *System Units, Defined Roles e Competency Items*.

In primo luogo, i *Model Uses* sono definiti come un tipo di *Information Uses* che include anche aspetti legati all'utilizzo di dati e documenti, e sono articolati in tre categorie:

Categoria I – *General Model Uses*: gli usi generali del modello sono applicabili a tutti i settori, ai sistemi informativi e ai domini di conoscenza; includendo la parola "modellazione" nel loro nome, sono generalmente misurati usando principi quali ad esempio il livello di definizione o di sviluppo.

Sono esempi di *General Model Uses: Architectural Modelling, Conservation Modelling, HVAC Systems Modelling* etc.

Categoria II – *Domain Model Uses*: gli usi sono quelli specifici del settore, in particolare quello delle costruzioni identifica usi quali ad esempio: *Capturing and Representing, Planning and Designing, Simulating and Quantifying, Monitoring and Controlling* etc.

Categoria III – *Custom Model Uses*: gli usi "personalizzati" del modello sono una combinazione della prima e seconda categoria, in quanto costruiti su misura per ciascun progetto, cliente, committente o specifico requisito di modellazione (e.g. l'ambito di applicazione di un Custom Model Use può essere la modellazione dei sistemi di sicurezza per una struttura ricettiva).

Tale specifica articolazione degli Usi del Modello può essere sfruttata e applicata in diversi ambiti, semplificando ad esempio l'identificazione dei requisiti informativi all'interno dei protocolli di progetto, facilitando la configurazione delle organizzazioni, la valutazione della catena di approvvigionamento e la programmazione delle attività.

Nello specifico ambito degli Usi del Modello di Dominio, la caratterizzazione 4D si identifica in questo senso nei settori di *Planning and Designing, Simulating and Quantifying e Constructing and Fabricating*. La modellazione infatti rappresenta lo strumento di partenza per la pianificazione e progettazione delle fasi di lavorazione, consente di quantificare in maniera univoca gli elementi di progetto, arrivando a simularne la posa in opera, gestendone le fasi di costruzione e monitorando gli aspetti legati alla fattibilità tecnica, economica e temporale dell'intervento.

Gli ambiti operativi della simulazione 4D

Il processo informativo delle costruzioni si compone di una sequenza strutturata di stadi e fasi che riguardano la produzione e la gestione dei contenuti informativi relativi all'intero ciclo di vita di un'opera, configurando un processo ciclico che nasce dall'espressione dei bisogni del committente sino al termine della vita utile dell'opera.

In questo senso, la digitalizzazione del processo edilizio, normata dalla UNI 11337:2017², porta alla produzione di informazioni facilmente consultabili in un processo informativo trasparente, efficiente, efficace, univoco, trasmissibile e sempre reperibile. In uno scenario di gestione digitale, al processo edi-

1 *BIM Excellence (BIME)* rappresenta un approccio basato sulla ricerca per valutare e migliorare le prestazioni individuali e di organizzazioni/team di progetto in riferimento al *BIM Framework* ed alla *Metodologia BIME*. E' diffuso attraverso la piattaforma online e i servizi aziendali *BIME* ed ha inoltre introdotto il *BIM Dictionary*.

2 La norma *UNI 11337:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni* è suddivisa in 10 parti e costituisce l'unico allegato nazionale alla ISO 19650-1-2:2019 in materia di gestione digitale dei processi costruttivi in seguito all'introduzione legislativa nazionale (DM 560/2017) in materia.

lizio si affianca dunque il suo doppio virtuale, costituito da tutto quell'insieme di dati, informazioni e contenuti informativi utili al trasferimento della conoscenza tra i soggetti che intervengono nel processo di ideazione, produzione, esercizio o dismissione.

Anche il processo informativo delle costruzioni dunque può essere strutturato come una sequenza di stadi e fasi inerenti la gestione dei contenuti informativi nell'intero ciclo di vita di un'opera, ed articolati secondo una successione logico-temporale che individua per ciascuno stadio i contenuti minimi da elaborare, collegandoli tra loro in modo gerarchico e consentendone uno sviluppo graduale.

In particolare, focalizzando l'attenzione sulla fase di esecuzione preventivamente controllata e nel tempo monitorata mediante simulazione digitale 4D, i contenuti informativi sono relativi all'operatività della sede produttiva (cantiere) ed alla scelta e organizzazione delle risorse per la realizzazione dell'intervento sulla base di quanto definito nel precedente stadio di progettazione. Essa può riguardare sia interventi di nuova costruzione che interventi sul costruito (manutenzione, riqualificazione, ristrutturazione, demolizione – totale o parziale) e comprende anche la redazione dei contenuti informativi relativi all'eseguitività delle scelte progettuali, alla definizione dei prodotti ed alla contabilità.

Il modello 4D, opportunamente strutturato ed alimentato nel tempo sino alla conclusione dei lavori, costituisce un'utile risorsa informativa anche per la successiva fase di collaudo e consegna che è basata sull'insieme dei contenuti informativi relativi alla verifica (ambientale, tecnica, economica e contrattuale, ecc.) del risultato della fase di esecuzione ed all'ottenimento delle informazioni aggiornate e dettagliate inerenti all'intervento eseguito (*as-built*) nonché all'atto formale e propedeutico alla fase di esercizio. Si conclude poi la fase di produzione con il trasferimento del bene e delle relative informazioni al committente e/o all'utilizzatore e/o al gestore/manutentore.

Nell'arco dello svolgimento di tali fasi, il fattore rischio assume particolari specificità in funzione delle mutevoli variabili a cui può riferirsi nel corso del processo, rappresentando una componente essenziale nell'approccio alle attività di pianificazione e programmazione, in quanto la sua imprevedibilità può condizionare le scelte operative che si assumono nel Project Management e pertanto influenzare i fattori principali di attenzione (tempi, costi e risorse).

Attraverso un'attenta Pianificazione si perviene dunque ad una conoscenza particolareggiata di tutte le condizioni e circostanze utili allo sviluppo del progetto; pertanto è in questa fase che la valutazione e gestione dei rischi di commessa evita di dover ricorrere ad azioni correttive non valutate né preventivate, garantendo un solido controllo sulle entità sottoposte ai rischi, nonché la gestione omogenea delle informazioni in esso contenuto.

La mancata disponibilità di un controllo solido e costante sul flusso progettuale e di gestione dei possibili rischi rappresenta infatti un limite per le tecniche tradizionali di pianificazione dell'opera, dove le informazioni di progetto non sono gestite e coordinate prevedendone l'integrazione dei dati, e ciò comporta un'inevitabile difficoltà nel controllo dello strumento di pianificazione e dei suoi output, anche dovuta all'assenza di riferimenti visuali.

Il vantaggio che trae dunque l'intero processo produttivo dai sistemi di gestione 4D è in termini di efficienza, efficacia e

sostenibilità, ottimizzando la gestione, il monitoraggio e l'approvvigionamento dei materiali in cantiere, ed incrementando la sua produttività con una conseguente diminuzione di rifiuti e materiali di scarto. Livelli elevati di controllo e monitoraggio 4D consentono quindi un minore impatto sugli aspetti economici, temporali e sull'obiettivo qualitativo dell'opera, incrementando i livelli di sicurezza in cantiere e configurando un solido sistema di supporto decisionale sempre aggiornabile e fruibile durante l'intero ciclo di vita.

Disarticolare il progetto: spazi, funzioni, attività e fasi costruttive

Una corretta Pianificazione è intesa come la creazione di un metodo che passa attraverso la migliore cognizione possibile degli obiettivi da perseguire, e la sua Programmazione è intesa come l'attività volta ad ottimizzare, controllare e gestire le fasi di realizzazione della commessa stessa, avendo sempre riguardo ai vincoli temporali, spaziali, economici e, più in generale, contrattuali, stabiliti nelle prime fasi di pianificazione. Si tratta di programmare in maniera ordinata tutte le funzioni, identificando le variabili, le entità del progetto, i suoi elementi funzionali e spaziali, prevedendone lo sviluppo in modo da ottimizzare i tempi, l'impiego delle risorse umane, i materiali ed i costi da sostenere.

Programmare una commessa significa dunque procedere alla gestione di tutto quanto pianificato, ricorrendo a modelli e strumenti idonei, perseguendo gli obiettivi da raggiungere e provvedendo al contempo al monitoraggio ed al controllo operativo.

In uno scenario digitale, i contenuti geometrico-dimensionali e alfa-numeriche delle entità informative costituite diventano gestibili in un contesto immersivo, in cui i singoli oggetti sono individuabili e analizzabili tramite dispositivi di realtà aumentata e sono disposti costruttivamente generando automaticamente progressioni temporali, i cui vincoli cronologici relativi sono riferiti alle relazioni stabilite tra risorse umane, materiali, attrezzature, spazi e attività pianificate.

Nella pratica tecnica si opera attraverso lo strumento della *PBS (Project o Product Breakdown Structure)*, ossia il primo passo della strutturazione gerarchica di un progetto, che ne disarticola i sottosistemi e componenti di dettaglio, descrivendo il *sistema-prodotto* come una struttura scomposta gerarchicamente dagli elementi che la compongono, i quali nel caso della produzione edilizia possono tradursi in un doppio livello di destrutturazione:

- identificazione *funzionale-spaziale* come definita dalla norma UNI 11337 nei concetti di Ambito Funzionale Omogeneo (ossia l'insieme di aree correlate da una comune funzione) e di Ambito Spaziale Omogeneo (ovvero l'insieme di spazi correlati da una comune destinazione);
- identificazione *tecnologico-funzionale* come definita dalla norma UNI 8290³ in Classi di Unità Tecnologiche, Unità Tecnologiche e Classi di Elementi Tecnici, ottenendo una struttura di voci che segue la logica delle opere compiute, e che riconducono a categorie omogenee e ordinate definite da elementi tecnici e dalle loro peculiarità (riferibili al materiale o alle modalità di esecuzione) e specifiche caratteristiche (dimensionali o prestazionali).

La PBS funge dunque da input alla *WBS (Work Breakdown Structure)* che rappresenta invece la destrutturazione del "lavo-

3 La Norma UNI 8290 consiste in un'ordinata e organica scomposizione del sistema edilizio in tre livelli, dando luogo a tre insiemi denominati *classi di unità tecnologiche* (primo livello), *unità tecnologiche* (secondo livello) e *classi di elementi tecnici* (terzo livello) in cui le voci di ciascun livello sono selezionate secondo criteri di omogeneità. Le voci dei primi due livelli rappresentano funzioni finalizzate a soddisfare esigenze dell'utenza, mentre le voci del terzo livello corrispondono a classi di prodotti che configurano modalità di risposta complessiva o parziale alle funzioni delle unità tecnologiche.

ro” a livelli successivi e fasi gerarchicamente connesse, definendo in modo ordinato le sequenze delle lavorazioni previste, e raggiungendo la specificazione delle loro attività elementari, per le quali si è in grado di definire tutte le grandezze.

Tramite la WBS si ottiene dunque una scomposizione analitica della costruzione in parti elementari, permettendo di organizzare il lavoro mediante elementi facilmente gestibili e scomponendo la fase di costruzione in componenti (ad esempio sottofasi, attività e compiti specifici), progredendo con un sempre maggiore grado di dettaglio, e seguendo un approccio di tipo *top-down*. Si innesca così un meccanismo di articolazione in elementi sempre più di dettaglio e definiti *WBE (Work Breakdown Elements)*.

Metodi e strumenti di simulazione digitale 4D: il gemello digitale del cantiere

La sperimentazione di simulazioni 4D è stata condotta, nell’ambito delle attività del Corso di Laurea in Gestione del Processo Edilizio – Project Management afferente al Dipartimento Pianificazione Design e Tecnologia dell’Architettura, su due progetti descritti come di seguito (Fig. 1, 2).

1. Realizzazione di un nuovo polo ospedaliero composto da:
 - un edificio principale (*Main Building*), di circa 241.600 m², dotato di 3 torri di cui la più alta raggiunge i 18 piani;
 - un edificio annesso (*Annex Building*), di circa 49.206 m², che ospita i servizi ambulatoriali, gli uffici amministrativi e un Auditorium;
 - un parcheggio multipiano da 1.300 posti auto: Piano interrato di 2 livelli;
 - tre passerelle pedonali che collegano la struttura preesistente alle nuove costruzioni.

2. Realizzazione di una nuova stazione di linea metropolitana (Fig. 3) nelle fasi di:

- fase 1 – Allestimento del cantiere;
- fase 2 – Scavi, predisposizione di gru, attrezzature e aree di stoccaggio;
- fase 3 – Predisposizione di un sistema di nastri trasportatori per smaltimento del terreno di risulta;
- fase 4 – Assemblamento della TBM e realizzazione scavo della galleria
- fase 5 – Opere civili per la realizzazione della stazione metropolitana e finiture;
- fase 6 – Smantellamento del cantiere.

Strutturare un ambiente digitale basato su oggetti parametrici in cui sussistano legami di tipo funzionale-spaziale e cronologico-temporale, consente una verifica maggiormente attendibile delle sequenze costruttive, così come la gestione di eventuali varianti, e soprattutto un confronto immediato tra scenari alternativi di cantiere. Tale contesto favorisce la collaborazione tra gli operatori, mediante l’utilizzo di ambienti digitali di condivisione dei dati in modalità integrata, consentendo inoltre un’efficace visualizzazione del processo per l’applicazione di eventuali azioni correttive.

Operando in 4D infatti, la pianificazione delle attività è gestibile attraverso il modello e viceversa, e la possibilità di disporre di processi di verifica basati anche sulla visualizzazione degli elementi tridimensionali aumenta in maniera significativa l’ottimizzazione degli aspetti temporali ed economici della realizzazione di un’opera.

Solo dopo l’analisi della WBS di progetto, individuando le attività costituenti la commessa, è possibile configurare il relativo Diagramma di Gantt attraverso il collegamento diretto tra le attività derivate dalla WBS ed i singoli oggetti o specifici para-



Fig. 2



Fig. 3

metri costituenti il modello, percorrendo il seguente iter:

1. stima dell'*effort* di ciascuna attività in termini di ore/uomo necessarie al suo completamento;
2. individuazione delle risorse che svolgeranno ciascuna attività;
3. calcolo della durata effettiva delle attività;
4. ripartizione delle ore/uomo sulle risorse assegnate, considerando i vincoli presenti e definendo le sequenze tra un'attività e l'altra, nonché le interdipendenze ed i livelli di parallelismo;
5. collocazione delle sequenze in un calendario dei lavori e assegnazione di precise date di inizio e fine a ciascuna attività per calcolare la durata del progetto nel suo complesso;

In questo modo, avendo definito lo sviluppo temporale dell'opera, è possibile assegnare le risorse alle attività, nonché specifici parametri agli oggetti che costituiscono i modelli, corredandoli di un codice specifico corrispondente alla rispettiva task del Gantt realizzato.

Dopo aver importato i modelli completi di tutti i relativi dati e parametri all'interno del software di modellazione 4D, collegando gli oggetti alle attività pianificate dal Gantt, si può realizzare quindi la simulazione virtuale della realizzazione dell'opera che rappresenta un chiaro riscontro pratico dell'attività di pianificazione, delineandosi come un primo vero e proprio validatore visuale della congruità del processo.

Utilizzando dunque un approccio BIM 4D, è possibile dotare i singoli oggetti del modello di una specifica dimensione temporale, tenendo sempre opportunamente conto delle diverse variabili coinvolte, grazie alla sincronizzazione continua degli input inseriti all'interno del modello BIM con la rispettiva struttura 4D, fornendo così una chiara visibilità dei dati del progetto, facilitando e velocizzando la comunicazione, e l'analisi dell'impatto di eventuali varianti rispetto all'intera realizzazione.

Tra le potenzialità di questo livello di sviluppo vi è inoltre la possibilità di rappresentare puntualmente la realtà del cantiere, tenendo conto delle condizioni al contorno e delle criticità fisicamente presenti nell'area e preesistenti al suo insediamento, nonché del contesto urbanistico in cui si inserisce. Integrando così le informazioni tipologiche, quantitative e temporali con quelle relative alle corrette modalità di posa in opera e/o alle prescrizioni inerenti alla gestione della sicurezza, è possibile effettuare uno specifico "*code checking*"⁴, così come "*clash detection*"⁵ relative alle interferenze tra lavorazioni e spazi operativi.

In questo modo, sempre con il principio dell'associazione di singole entità, aggregate in attività di lavoro, e inserendo informazioni relative alle rispettive durate, si giunge alla realizzazione di un particolare modello informativo 4D in grado di condurre visivamente e analiticamente l'organizzazione del

cantiere, da cui deriva l'analisi e minimizzazione dei rischi per i lavoratori.

Conclusioni

La sperimentazione ha evidenziato potenzialità e criticità di processi di gestione e simulazione digitale nelle fasi di pre-costruzione e costruzione sino alla consegna dell'opera ultimata. La pianificazione e la programmazione dei lavori e la valutazione dei rischi connessi ha trovato infatti nei metodi e strumenti di modellazione informativa un efficace supporto al processo decisionale del Project Manager. L'integrazione di informazioni di tipo geometrico con proprietà ed attributi specifici degli elementi componenti i modelli digitali tridimensionali, ha consentito così una gestione dei rischi non solo connessi alla verifica di eventuali interferenze e sovrapposizioni, ma anche relativi al monitoraggio degli indicatori essenziali di prestazioni specifici della fase di esecuzione.

I vantaggi dell'adozione di un processo BIM 4D sono riscontrabili già nella fase di pianificazione del lavoro, potendo individuare, coordinare e gestire in modo flessibile le attività previste dal processo costruttivo. Tale flessibilità deriva proprio dalla centralità del modello tridimensionale che permette di controllare e gestire le informazioni relative all'opera in modo efficace ed efficiente, potendosi adattare tempestivamente ad eventuali mutate esigenze in fase costruttiva.

La modellazione 4D sopperisce anche alla impossibilità dei metodi tradizionali di gestire la granularità e la definizione degli elementi che compongono il cantiere, consentendo altresì di esplorare sequenze costruttive alternative, definendo scenari in grado di minimizzare i rischi e le variazioni di programma. È possibile quindi confrontare diverse soluzioni riguardanti le "strategie" realizzative sin dalle prime fasi di pianificazione, valutandone la fattibilità in termini di migliori risultati raggiungibili.

Mediante la creazione di gemelli digitali del cantiere che consentano di analizzare il progetto, migliora l'integrazione degli operatori e dei team coinvolti, superando, grazie anche a tecnologie *cloud*, le criticità dovute, ad esempio, alla distanza tra i soggetti coinvolti e/o ai vincoli temporali di esecuzione etc.

La realizzazione di un modello digitale tridimensionale strutturato per fasi costruttive riduce pertanto i rischi connessi alla realizzazione, semplificando le previsioni di possibili conflitti logistico/progettuali, ottenendo quindi un processo più snello, robusto, e in grado di ridurre gli sprechi. I vantaggi infatti si possono manifestare quindi tanto a livello economico (eliminando costi non necessari), quanto a livello di pianificazione (ottimizzando le attività di progetto), nonché a livello di analisi costruttive (individuando e correggendo eventuali errori prima che essi si manifestino durante la costruzione).

Se tutto quanto descritto evidenzia notevoli benefici avvalendosi di modelli 4D, dalla sperimentazione emerge altresì l'importanza di una adeguata formazione e competenza dei team coinvolti in ambito di Project Management (*soft skills*) e sugli strumenti specifici di modellazione 4D (*hard skills*), di una sufficiente dotazione hardware e software, ma anche e soprattutto di un elevato livello di definizione degli usi e degli obiettivi da perseguire attraverso la modellazione 4D. Da quanto analizzato emerge che una inadeguata valutazione dell'importanza dei fattori evidenziati può condurre complessivamente ad un disallineamento degli sforzi rispetto ai risultati attesi.

4 Tramite *code checking* si configurano meccanismi di automazione del sistema di controllo per garantire la conformità normativa, traducendo in parametri le prescrizioni normative, i requisiti della committenza o le indicazioni progettuali.

5 Mediante processi di *clash detection* avviene il rilevamento di conflitti, e l'individuazione di eventuali elementi che collidono all'interno del modello.

References

- BIME, "Model Uses Table" (2019), available at: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/211in-Model-Uses-Table.pdf>.
- Ciribini, A. L. C. (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo, IT.
- Computer Integrated Construction Research Group, Penn State University (2013), "BIM Uses", available at: https://www.bim.psu.edu/bim_uses/.
- De Grassi, M., Naticchia, B., Giretti, A. and Carbonari, A. (2009), *Reti Bayesiane con applicazioni all'edilizia e alla gestione del territorio*, Franco Angeli Edizioni, Milano, IT.
- De Maria, C., Cumo, F., Sforzini, V. (2016), *Project Management, la governance degli appalti*, Esculapio, Bologna, IT.
- EUBIM Task Group (2017), Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth.
- Pavan, A., Mirarchi, C. and Giani, M. (2018), *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Tecniche Nuove, Milano, IT.
- Project Management Institute Inc. (2017), Guideline PMBoK (Project Management Body of Knowledge).
- Synchro Software User Guide (2012), available at: <http://synchro-tech.com/SynchroServerUserGuide.pdf>
- UNI - Ente Italiano di Normazione (2017), UNI 11337-4:2017, Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni.

Fig. 1 - Simulazione 4D del cantiere per la realizzazione del polo ospedaliero (45° settimana).

Fig. 2 - Simulazione 4D del cantiere per la realizzazione del polo ospedaliero (133° settimana).

Fig. 3 - Simulazione 4D del cantiere per la realizzazione della stazione metropolitana (lavori ultimati).

IL PROGETTO DIGITALE E IL CICLO DI VITA: CONSAPEVOLEZZA E TRASPARENZA DEI SOFTWARE LCA

Anna Dalla Valle¹

Abstract

Nel settore delle costruzioni, la correlazione tra sfide ambientali e opportunità digitali si concretizza nel progetto digitale del ciclo di vita, supportato in particolare dall'integrazione di metodi Life Cycle Assessment – LCA e Building Information Modelling – BIM. Per stimolare la consapevolezza degli utenti, inclusi i progettisti, e la trasparenza degli strumenti adoperati, si propone un quadro informativo per la valutazione dei software LCA in termini di funzionalità, completezza e incertezza, nell'ottica di una loro evoluzione integrata al processo di progettazione.

Keywords: Life Cycle Assessment, software LCA, Consapevolezza, Trasparenza, Processo decisionale, Building Information Modelling

¹ DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, anna.dalla@polimi.it

Quadro di valutazione per software LCA

In una logica di sostenibilità volta all'efficienza di flussi e risorse, il settore delle costruzioni risulta contraddistinto da una duplice tendenza. La prima riconducibile alla priorità da attribuire alle questioni ambientali, incentrate sull'allargamento di prospettiva all'intero ciclo di vita (*Life Cycle Thinking*) a partire dalle fasi di progettazione. La seconda relativa al potenziamento delle tecnologie digitali, come strumenti di supporto all'intero processo edilizio (es. BIM) implicando, da un lato, un aumento esponenziale della quantità di dati informativi (*big data*) e, dall'altro, la crescente offerta di software atti a correlare e gestire la molteplicità di informazioni. In edilizia, l'affermazione del progetto digitale nel ciclo di vita deriva dalla convergenza di tali tendenze.

Nello specifico, data la complessità dei sistemi edilizi, la prassi progettuale viene affiancata da innumerevoli software basati sulla metodologia LCA, in quanto affermata a livello internazionale per quantificare i potenziali impatti sull'ambiente di un prodotto/processo/sistema nell'intero ciclo di vita. Tuttavia, l'applicazione degli strumenti LCA nelle pratiche di progettazione è oggi assai limitata principalmente per carenza di incentivi esterni, nonché per difficoltà proprie dell'utente. La valutazione LCA viene infatti richiesta solo da alcuni sistemi di certificazione e, derivando raramente da istanze di clienti, incentivi statali o obblighi regolamentari, viene generalmente eseguita come analisi post-progettazione senza ottimizzare le decisioni progettuali. Invece, le difficoltà proprie dell'utente si riferiscono ad esempio alla mancanza di approfondite conoscenze sulla metodologia, alla necessità di informazioni dettagliate, al tempo e all'intensità di lavoro richiesta. Di conseguenza, la complessità intrinseca degli edifici rispetto agli altri prodotti industriali viene spesso tradotta con processi di calcolo semplificati che, se da un lato, offrono strumenti intuitivi e *user-friendly*, dall'altro tendono a configurare le informazioni come *black box* (Anand, Amor, 2017).

Per far collimare le questioni ambientali con quelle digitali, diventa cruciale favorire la trasparenza dei contenuti immateriali dei software LCA, in modo da stimolare gli utenti verso un approccio critico e un'adeguata comprensione dei meccanismi sottesi. Numerosi studi di letteratura mirano a sottolineare le macro-differenze esistenti a carattere generale tra i diversi strumenti LCA disponibili sul mercato (Hitchcock et al., 2011). Viceversa,

il presente contributo intende offrire una visione più dettagliata, sistematizzando le informazioni necessarie per la valutazione dei software LCA in termini di funzionalità, completezza e incertezza, per quanto riguarda sia il *front-end* (interfaccia utente) sia il *back-end* (modello di calcolo), aprendo simultaneamente nuove possibilità di sviluppo e ricerca per i supporti digitali al progetto nel ciclo di vita.

Il quadro di valutazione proposto è stato sviluppato tramite l'interpolazione degli aspetti nodali della prassi progettuale, esaminata tramite l'analisi della pratica corrente e di casi studio, e delle normative vigenti in tema di valutazione delle prestazioni ambientali LCA degli edifici. In particolare, la scelta di assumere il punto di vista dei progettisti intende fornire una sinossi informativa a supporto di due principali gruppi destinatari. Degli utenti finali, inclusi i progettisti, per verificare l'idoneità degli strumenti LCA in relazione alla pratica progettuale, con lo scopo di incentivare una migliore consapevolezza nella selezione ma anche nelle modalità di funzionamento e interazione. Degli sviluppatori di software, per promuovere gli strumenti LCA esistenti tramite una maggiore trasparenza delle informazioni e lo sviluppo di nuove funzionalità/software a supporto della progettazione. Obiettivo finale è infatti incoraggiare la diffusione della valutazione LCA all'interno delle pratiche di progettazione e quindi l'integrazione di un approccio al ciclo di vita nella cultura del progetto.

Dati di input

L'inventario LCA è costituito dall'associazione di dati quantitativi (*foreground system*), di competenza dei progettisti, e di dati ambientali (*background system*), demandati a specifiche banche dati e/o certificazioni (EC-JRC, 2012).

Per l'utente è fondamentale innanzitutto capire quali sono i dati progettuali di input del software, verificando l'inclusione dei sistemi costruttivi e impiantistici, delle informazioni associate al ciclo di vita e la loro completezza rispetto alle richieste normative (Dalla Valle et al., 2020). Aspetto cruciale è poi comprendere se tali dati sono coerenti con la prassi progettuale e quindi se lo strumento prevede differenti valutazioni LCA in base al livello di dettaglio raggiunto in fase di progettazione. Ad esempio, *LCA screening*, *simplified* e *complete* includono rispettivamente un numero crescente di parti d'opera (EeBGuide, 2012). Il successivo completamento provoca però un inevitabile

aumento dell'impatto ambientale, che rischia di essere interpretato impropriamente come un peggioramento delle prestazioni ambientali del manufatto. Per risolvere il problema, è possibile ricorrere a valori predefiniti (basati sulla pratica comune) in sostituzione dei dati mancanti propri soprattutto delle fasi iniziali. Inoltre, la potenzialità di utilizzare i dati (prima predefiniti e poi di progetto) come target per le seguenti fasi abilita l'ottimizzazione del processo, incentivando la ricerca di soluzioni innovative, senza limitare la libertà progettuale.

In questo modo, vengono privilegiati gli strumenti che consentono di inserire dati di input adatti alla fase di progettazione e in cui le diverse soluzioni progettuali vengono modellate in parallelo all'interno dell'applicazione. Nello specifico, per evitare perdite di informazioni da una fase all'altra e il reinserimento manuale dei dati da parte degli utenti, il modello LCA dell'edificio è tenuto a evolversi coerentemente con il processo di progettazione e gli strumenti comunemente utilizzati in pratica. A tal fine, l'integrazione LCA-BIM risulta strategica per estrapolare le quantità dei materiali e per facilitare l'aggiornamento automatico dei dati (Hollberg et al., 2020). Infatti, con l'avanzare del processo i valori predefiniti potenzialmente settati per le fasi iniziali possono essere gradualmente sostituiti con dati più dettagliati di progetto. Inoltre, per il confronto di opzioni alternative si rivela vantaggiosa la funzione di duplicazione e la possibilità di raccogliere tutte le varianti in un archivio digitale.

Per quanto riguarda i dati ambientali, essi derivano da database o Environmental Product Declaration – EPD integrati all'interno dei software LCA. Per gli utenti è però importante comprenderne le possibili fonti, al fine di valutare le potenzialità di miglioramento previste sotto il profilo ambientale durante l'intero processo di progettazione. Infatti, parallelamente al crescente livello di dettaglio dei dati quantitativi di progetto, occorre verificare la natura, l'origine, l'accuratezza e la qualità dei dati ambientali di riferimento. Ad esempio, le fasi iniziali possono essere indirizzate nelle scelte materiali sulla base di dati generici assunti da database, mentre le fasi più avanzate raccomandano la selezione di prodotti specifici tramite l'implementazione di dati EPD. In quest'ottica, lo scenario auspicabile per i software LCA è quello di essere configurati come sistemi aperti per consentire agli utenti un'adeguata flessibilità nell'immissione dei dati ambientali, tramite la creazione di *dataset ad hoc* e/o l'importazione di EPD in formato digitale.

Computazione

Se dal punto di vista degli esperti LCA, le scelte metodologiche sono prioritarie, i progettisti, a causa della loro limitata conoscenza ed esperienza, non sempre sono in grado di adeguare il processo di calcolo. Essi richiedono però informazioni chiare e trasparenti in merito a tutte le assunzioni, al fine di specificare e ricostruire ove necessario l'origine dei risultati. È quindi opportuno avere programmate all'interno degli strumenti LCA tutte le decisioni metodologiche (es. in accordo con requisiti nazionali) e, in caso di offerta di metodi alternativi, avere associate le specifiche tecniche in maniera sintetica e comprensibile per poter essere assimilate dagli utenti.

Per quanto concerne la definizione dei confini di sistema, l'inclusione di indicatori ambientali e la verifica della qualità dei dati, i software prevedono generalmente la configurazione di diverse combinazioni. In riferimento alle semplificazioni metodologiche presenti in letteratura, la selezione dei moduli del ciclo di vita dipende dalla fase di avanzamento del processo di progettazione, completandosi progressivamente per fornire un quadro più olistico delle performance ambientali ed evitare il

trasferimento degli impatti da una fase all'altra.

Il numero di indicatori da utilizzare risulta invece disomogeneo sia rispetto ai diversi requisiti dei sistemi di certificazione sia alle normative nazionali. Per l'*LCA screening* viene indicato l'utilizzo a scelta di uno o più indicatori, richiamando in particolare GWP, PERT e PENRT. Tuttavia, l'impiego di un solo indicatore è limitativo per la valutazione complessiva dei progetti, in quanto può indurre a soluzioni non ottimali e a spostamento di oneri. Emblematico è il caso di prodotti a base di legno che, presentando un valore di GWP negativo, si rivelano una scelta vincente per quell'indicatore specifico a discapito però dei restanti. Per tale motivo, l'*LCA simplified* e *complete* fanno riferimento all'insieme di indicatori ambientali definiti dalle norme europee (EN 15978:2011). Si invita pertanto ad includere nei software LCA tutti i moduli del ciclo di vita e gli indicatori previsti da normativa, al fine di consentire massima libertà agli utenti nella loro selezione a seconda dello scopo della valutazione.

Oltre alla trasparenza della metodologia, i progettisti si aspettano che i dati ambientali contenuti nei software LCA siano di qualità: obiettivi, affidabili e validati, oltre che reperiti possibilmente da un unico database per garantire assunzioni simili. Esplicitazioni riguardo la rappresentatività dei dati in termini di contesto geografico (nazionale, internazionale) e di arco temporale (aggiornamento) costituiscono fattori rilevanti ai fini dell'accuratezza della valutazione. Allo stesso modo, è preferibile avere accesso a una visione dettagliata dei materiali e dei processi specifici inclusi nei dati ambientali di database e EPD.

Inoltre, dato che la scelta dei materiali non influenza solo l'impatto ambientale ma incide anche sulle performance energetiche degli edifici, i progettisti prediligono strumenti che consentono una computazione combinata di tali aspetti. Non è un caso, infatti, che il consumo energetico in fase d'uso (*operational energy*) costituisce un modulo cruciale del ciclo di vita, le cui recenti restrizioni provocano di riflesso un aumento dei materiali impiegati (*embodied energy*). Di conseguenza, la correlazione tra valutazioni energetiche e di impatto ambientale nel ciclo di vita rappresenta una funzionalità chiave per ridurre gli sforzi necessari e implementare soluzioni ottimali in fase di progettazione.

Dati di output

Per i progettisti, i dati di output devono risultare innanzitutto semplici e immediati al fine di essere di supporto alla progettazione. In questo modo, la restituzione di un unico punteggio di impatto ambientale si presenta come la soluzione attesa, con la possibilità di individuare informazioni di dettaglio circa l'impatto ambientale associato ai diversi sistemi tecnologici e fasi del ciclo di vita. Il problema è che l'applicazione di procedure di pesatura volte all'espressione di un unico punteggio si basano su scelte di valore piuttosto che su calcoli scientifici, con il rischio di possibili manipolazioni dei risultati e perdita di oggettività. Inoltre, se la definizione di un unico punteggio intende facilitare l'interpretazione del profilo ambientale degli edifici, il confronto con valori *benchmark* consente di traguardare ulteriormente l'obiettivo da parte dei non esperti, oltre che verificare l'eventuale conformità ai requisiti progettuali/normativi. A tal fine sarebbe auspicabile riconoscere a livello comunitario un metodo condiviso di aggregazione in punteggi singoli (es. valore monetario) e di parametri di riferimento (Lavagna et al., 2018).

Non bisogna poi sottovalutare che l'utilizzo di strumenti LCA, atti alla quantificazione degli impatti nell'intero ciclo di vita, implica per il progetto la capacità previsionale di confrontarsi con la variabile tempo, tramite la modellazione e la simula-

zione di scenari. Alcune informazioni in particolare sono caratterizzate da elevata incertezza soprattutto in relazione alle soluzioni innovative non ancora oggetto di osservazione nel tempo, alle potenziali trasformazioni del mix energetico e all'evoluzione delle modalità di smaltimento e rigenerazione delle risorse verso un'economia circolare. In questo modo, si raccomandano analisi di incertezza per verificare l'accuratezza e la rappresentatività dei risultati LCA in output, specialmente per le fasi preliminari di progetto caratterizzate da una generale mancanza di dati. Eppure, database ed EPD non forniscono dettagli sul grado di incertezza dei dati ambientali contenuti e lo sviluppo di simulazioni Monte Carlo o di analisi statistiche risultano essere metodi troppo complessi e sofisticati per i non esperti. Tali limitazioni rivelano pertanto l'assenza di una strategia condivisa su come affrontare, misurare e comunicare a clienti e decisori l'incertezza degli studi LCA.

Infine, per facilitare la comunicazione dei risultati, i progettisti prediligono la restituzione del profilo ambientale dell'oggetto di studio in modo visivo e grafico, possibilmente fornendo contemporaneamente *feedback* e suggerimenti per soluzioni alternative. Ad esempio, si apre la possibilità di presentare i risultati tramite una serie di grafici per indicare i componenti a più alto impatto ambientale e quindi con potenziali significativi di miglioramento o, nel caso di software LCA integrati con il BIM, mappandoli direttamente nel modello dell'edificio tramite diverse gamme cromatiche di colore per rendere i risultati più intuitivi. La messa in atto di tali funzionalità permette ai progettisti di ricevere riscontri in tempo reale sulle modifiche di progettazione e rende più immediato il nesso tra dati di input e output della valutazione. Inoltre, per i componenti più impattanti si aggiunge la prospettiva di ottenere simultaneamente suggerimenti alternativi, al fine di ampliare l'orizzonte di progettazione e conoscenza (es. in merito alle prestazioni ambientali dei materiali da costruzione).

In quest'ottica, per proporre soluzioni progettuali alternative ma anche per definire valori predefiniti, gli strumenti LCA possono essere sviluppati per apprendere da progetti precedenti (*machine learning*). A tal fine, è necessaria la creazione di un ampio database di edifici, ad esempio di modelli BIM "*as-built*", estrapolando le informazioni utili per studi LCA. Tuttavia, dato che nel settore delle costruzioni la valutazione LCA non è ancora obbligatoria (ma volontaria nei diversi sistemi di certificazione) e che il BIM non è ancora affermato in tutte le realtà progettuali, si tratta di uno scenario attuabile solo a lungo termine quando il numero di edifici di riferimento risulterà significativo.

Prospettive future

Il quadro conoscitivo/informativo proposto per la valutazione dei software LCA rivela come sia prioritario garantire una loro integrazione nel processo di progettazione, per ridurre al minimo il tradizionale flusso di lavoro assicurando altresì una progressiva qualità dei dati (ISO 25024:2015). Tali funzionalità non devono però tralasciare l'investimento di risorse richiesto dagli utilizzatori sia in termini temporali che economici, al fine di non precludere la loro applicabilità in pratica. A tal fine, l'elaborazione di un'indagine sistematica a partire dagli aspetti nodali presentati, consentirebbe di offrire una panoramica completa della gamma di strumenti LCA oggi in commercio per il settore edilizio. Inoltre, se condotta a livello comunitario, implicherebbe, da una parte, di incentivare i produttori di software nella competizione e sviluppo di tali funzionalità e, dall'altra, di rispondere alle esigenze dei progettisti di verificare l'idoneità di tali strumenti al processo di progettazione.

Per perseguire il potenziamento del progetto digitale nel ciclo di vita, è cruciale garantire una maggiore consapevolezza e trasparenza dei software LCA, nonché la loro continua evoluzione supportata tramite la sinergica collaborazione tra sviluppatori e ricercatori. Solo in questo modo sarà possibile superare le barriere di oggi e trarre la sostenibilità ambientale del settore edilizio.

References

- Anand, C. K. and Amor, B. (2017), "Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 408-416.
- Dalla Valle, A., Campioli, A. and Lavagna, M. (2020), "Life Cycle BIM-Oriented Data Collection: A Framework for Supporting Practitioners", in Daniotti, B., Gianinetti, M. and Della Torre, S. (eds.), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, Cham, CH, pp. 49-59.
- EeBGuide (2012), D4.3 Requirements for building LCA tool designer, available at <https://www.eebguide.eu> (accessed 2 March 2020).
- EN 15978:2011 (2011), Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation methods.
- European Commission – Joint Research Centre (2012), ILCD Handbook. Towards more sustainable production and consumption for a resource efficient Europe, European Commission, Luxembourg.
- Hitchcock, D., Schenk, R. and Gordy, T. (2011), "Directory of Sustainability Life Cycle Assessment Tools. International Society of Sustainability Professionals", available at <http://www.training.sustainabilityprofessionals.org> (accessed 2 March 2020).
- Hollberg, A., Genova, G. and Habert G. (2020), "Evaluation of BIM-based LCA results for building design", *Automation in Construction*, vol. 109, pp. 102972.
- ISO 25024:2015 (2015), Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE) – Measurement of data quality.
- Lavagna, M., Baldassarri, C., Campioli, A., Giorgi, S., Dalla Valle, A., Castellani, V. and Sala, S. (2018), "Benchmarks for environmental impact of housing in Europe: Definition of archetypes and LCA of the residential building stock", *Building and Environment*, vol. 145, pp. 260-275.

FROM EFFICIENCY TO ENVIRONMENTAL COMPATIBILITY: BIM AND INNOVATIVE CONSTRUCTION MATERIALS

Rossella Franchino¹, Caterina Frettoloso², Nicola Pisacane³

Abstract

The proposed reflections are inspired by interdisciplinary research on the application of BIM technology to building process management. Specifically, the research focuses on the role that this information technology has in the choice and evaluation of the different materials use in relation to their performance throughout the entire life cycle of the building. The present work investigates, in particular, the role that BIM technology can assume in the control of the building materials environmental dimension in order to add to the achievement of the goal of saving natural resources also the mitigation of environmental impact.

Keywords: Building Information Modelling, Construction sector, Environmental design, Innovative materials, Sustainable technological progress

¹ Department of Architecture and Industrial Design, University of Campania Luigi Vanvitelli, rossella.franchino@unicampania.it

² Department of Architecture and Industrial Design, University of Campania Luigi Vanvitelli, caterina.frettoloso@unicampania.it

³ Department of Architecture and Industrial Design, University of Campania Luigi Vanvitelli, nicola.pisacane@unicampania.it

Innovative materials and environmental compatibility (Rossella Franchino)

Among the major concerns of modern man, the most pressing are without doubt the environmental ones. The environmental issue, closely linked to the energy one, significantly conditions the study, implementation and management of new technologies, both innovative as well as evolutionary. For this very reason, combining progress and sustainability has been very difficult and the remarkable technological growth that has characterized the last century has often had a negative impact on the environment, with it being fundamental that technological progress is closely linked to environmental sustainability interventions for the construction of a better future.

This is particularly felt in all areas and especially in the construction sector which has a decisive influence on the territory as well as on the consumption of resources, with it being characterized by a high environmental impact for which technological progress and sustainability must be an inseparable combination.

In this context, this work focuses on the role played by innovative materials as key elements of sustainable technological progress in the construction sector. In order to contribute at creating a more sustainable urban environment, it is important that attention is also paid to the materials used, and in this regard, innovative materials that draw on the renewable resources of our planet seem to have particular potential.

It is important, therefore, that cost-benefit analyses, which are generally oriented only by the need to save resources, are also necessarily supported by environmental compatibility analyses. In this regard, we propose reflections on solutions that use environmental resources with the aim of using the principles of nature as a sustainable management model.

Using nature's own capacity through its resources is certainly more convenient not only "environmentally", but also economically because in some cases it is possible to limit the use of expensive plant solutions (Kabisch, 2017).

Until some time ago, the development of construction materials was focused on improving their performance in terms of both efficiency and resistance over time with an overall control of cost containment (Franchino et al., 2019).

Only more recently, attention has also been added to the environmental problems caused by both production and use and their final disposal, extending to the recycling/reuse (Altamura, 2015; Das and Neithalath, 2019).

In addition, the current development of innovative materials that guarantee a clear improvement in functional performance requires that the effects on the environment extended to the entire life cycle must be controlled at the same time.

Sharing these premises, the research aims, therefore, to raise awareness in the world of industrial production to promote cycles that integrate the efficiency of materials with environmental compatibility in order to preserve and enhance the ecosystems and biological cycles of nature.

This approach can allow us to review the relationship between construction and building materials because while traditional materials have always played a static role, innovative ones are characterized by having acquired a dynamic function that allows them to adapt at environmental changes. All according to the logic of the Cradle to Cradle Products Innovation Institute and pursuing an approach that adapts industrial models to nature and assimilates materials to natural elements able, therefore, to regenerate.

With these premises, the reflections that are proposed below are inspired by an interdisciplinary research relating to the application of BIM technology at the management of the building process, focusing on the role that this digital platform has in the choice and evaluation of different materials use in relation to their performance over the entire life cycle building itself.

This work explores in particular the role that BIM technology can play in controlling the environmental dimension of innovative building materials and proposes strategic considerations to orient the database so that it can be configured as a tool to support key choices sustainable.

The integration between BIM technology and control criteria for the evaluation of innovative materials in the building sector is also one of the most significant elements of the research providing a decision-making and control tool of the processes of obsolescence in existing building recovery and in the "ex-novo" eco-oriented design.

Since BIM technology allows to insert not only graphic data



1. Self-protected waterproof layer/bituminous coating/0.1 cm
2. Separating layer/0.1 cm
3. Slope screed/concrete lightened/9 cm
4. Reinforced concrete and hollow tiles mixed floor/concrete and brick blocks/22 cm
5. Plaster/ Cement-based premixed/2 cm

Roof covering stratigraphy with traditional materials



1. Vegetation
2. Growing medium/8 cm
3. Filter layer/2 cm
4. Drainage layer/4 cm
5. Protection layer/0.2 cm
6. Seal coat/0.15 cm
7. Compensation layer/2 cm

Impracticable extensive green roof stratigraphy



Roof covering detail with traditional materials



Impracticable extensive green roof detail



Vertical internal wall stratigraphy with traditional materials



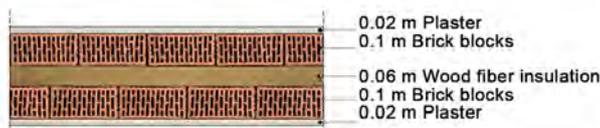
Vertical internal wall stratigraphy with innovative materials



Vertical internal wall detail with traditional materials



Vertical internal wall detail with innovative materials



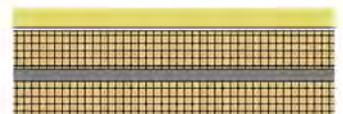
Vertical perimeter wall stratigraphy with traditional materials



Vertical perimeter wall stratigraphy with innovative materials



Vertical perimeter wall detail with traditional materials - current status



Vertical perimeter wall detail with innovative materials - project status

CEMENT-BASED PREMIXED PLASTER	HYDRAULIC LIME-BASED PLASTER	BRICK DIMENSION 25X25X10	BIO-BRICK DIMENSION 25X50X10	INSULATING PANELS IN WOOD FIBER	INSULATING CORK PANELS
Composition: portland cement + minerals + expanded perlite + hydrated lime + chemical additives	Composition: Natural Hydraulic lime (NHL) + mixture of expanded minerals derived from waste recycled glass	Composition: clay + 20 - 30% by calcium carbonate + 4 - 6% by water	Composition: hemp vegetable chipboard + natural lime-based binder	Composition: binder of conifers and broad-leaved trees + latex-based glue + natural resins	Composition: cork from oak
Production process: 1. Drying 2. Grinding 3. Grading and sifting 4. Transport and storage 5. Weighing and dosing 6. Mixing 7. Packaging Once on site the premix must be mixed with about 5-6 litres of water by using a mixer or concrete mixer.	Production process: Natural Hydraulic lime (NHL) obtained by calcination at low tempering (1000 °C) of silica-rich marble limestones of national origin and a mixture of expanded minerals derived from waste recycled glass with low specific weight selected in continuous grain size curve 0 - 3 mm.	Production process: 1. CLAY EXTRACTION from quarries 2. MIX PREPARATION, refining, wetting and mixing 3. FORMING and production of the desired size bricks 4. DRYING in artificial dryers, fed with hot air recovered from the kiln or produced by a heat source 5. COOKING that takes place inside a tunnel kiln	Production process: low energy consumption with consequent environmental impact close to zero. The material is obtained by mechanically combining the hemp chipboard with a lime-based binder at room temperature, both produced at "zero kilometre" in Italy.	Production process: the production of the wood fiber panels takes place by wet or dry way. In both cases, the wood materials are processed by a chopper, then macerated with steam in an autoclave and brittle from millstones. Once dry, the fibers are mixed with a latex-based adhesive and pressed into panels. Some types of panels are also waterproofed with emulsions based on natural resins.	Production process: a cork panel is totally natural because it is obtained through a thermal roasting process, therefore without adding glues or chemicals. The thermal roasting process allows the melting of the resins naturally contained in the bark, which act as a natural glue to aggregate the granules and form the panel.
Dismission: Non recyclable content	Dismission: 100% recyclable content as inert at end of life	Dismission: The main waste consists of brick scraps, which is in any case reused in the same production cycle or in other uses (other ceramic products, earth for tennis grounds, aggregates in concrete castings, etc).	Dismission: fully recyclable content	Dismission: content easily reusable and recyclable if free of bitumen and unplastered	Dismission: content completely recyclable and reusable at the end of use
	ADVANTAGES: 		ADVANTAGES: 		ADVANTAGES:

Fig. 1

but also more technical information possibly related the characteristics of the materials used, it is a container of information that is an important support tool for the project in all its phases, allowing a better control than the traditional tools used.

The following is an application case relating to a residential and commercial building for which a comparison of performance between technological solutions with traditional and innovative materials has been provided for some technological units such as vertical closures, upper closure and vertical internal partitions (Fig. 1).

Drawing and parametric modeling for the evaluation of technological choices (Nicola Pisacane)

Using parametric models for the management of the architecture project developed within Building Information Modeling (BIM) platforms allows to optimize the operational and productivity flows related to the design and the executive phase. All actors involved in the construction process have advantages in the use of these digital platforms. BIM model, as a collector of information not only geometric and dimensional as a traditional three-dimensional model, finds in drawing the basis of the entire design process. The drawing, in fact, as a set of signs and symbols, digital or analogic, is a way to communicate data through a very powerful medium that connect the design idea and the technical aspects for its realization. So as in the past representation tools are the way to transfer information from the designer to the client or to the builder, nowadays BIM could be considered the evolution of architectural representation, offering both a communication and management tool, through a complex set of data not only expressed by signs. A common element at the various stages of a building life cycle is the parametric model, condenser in a single digital object of the building complexity, its temporal evolution and its transformations throughout the life cycle. The opportunity offered by BIM to be able to oper-

ate through a single digital object that replicates the real building, will offer an organic knowledge of the project in the design phase, executive one and management, while optimizing the time and cost of realization. The BIM platforms also allow to overtake the concept of scalar representation of drawing through the parametric model also a multi-scale model (in addition to the benefits of multi-temporality related to the life cycle) that define simultaneously and uniquely information related to the construction site till to construction detail, managing the whole construction process. In fact, the advantage to operate through a single parametric model, in which each element represented is not expressed only by its geometric features – but also by all the data and the parametric constraints necessary for the description of the building component or the building element, allows the selection of the necessary information concerning the use that the data must be made.

Specifically, the case study analyzed in this paper examines the BIM model of a mixed-use building to extract assessments of particular technological choices made. The parametric model construction, in accordance with operational protocols, initially envisaged the structural and architectural elements modeling, defining in a first phase of time the use of traditional materials (Fig. 2) associated with some family and then, at other time, the replacement of them with innovative ones (Fig. 3). The schedules related to both technological families and building materials have been supplemented with additional attributes in order to be able to carry out further assessments compared to those that such platforms are intended to carry out. Specifically, BIM is used as an assessment tool in relation to the comparison between the use of traditional materials compared to innovative natural-matrix ones. Although the evaluation could be carried out in relation to different criteria, in this context is analyzed the comparison between different technological choices with specific reference to environmental data.

The case study involves a linear building of three floors



Fig. 2

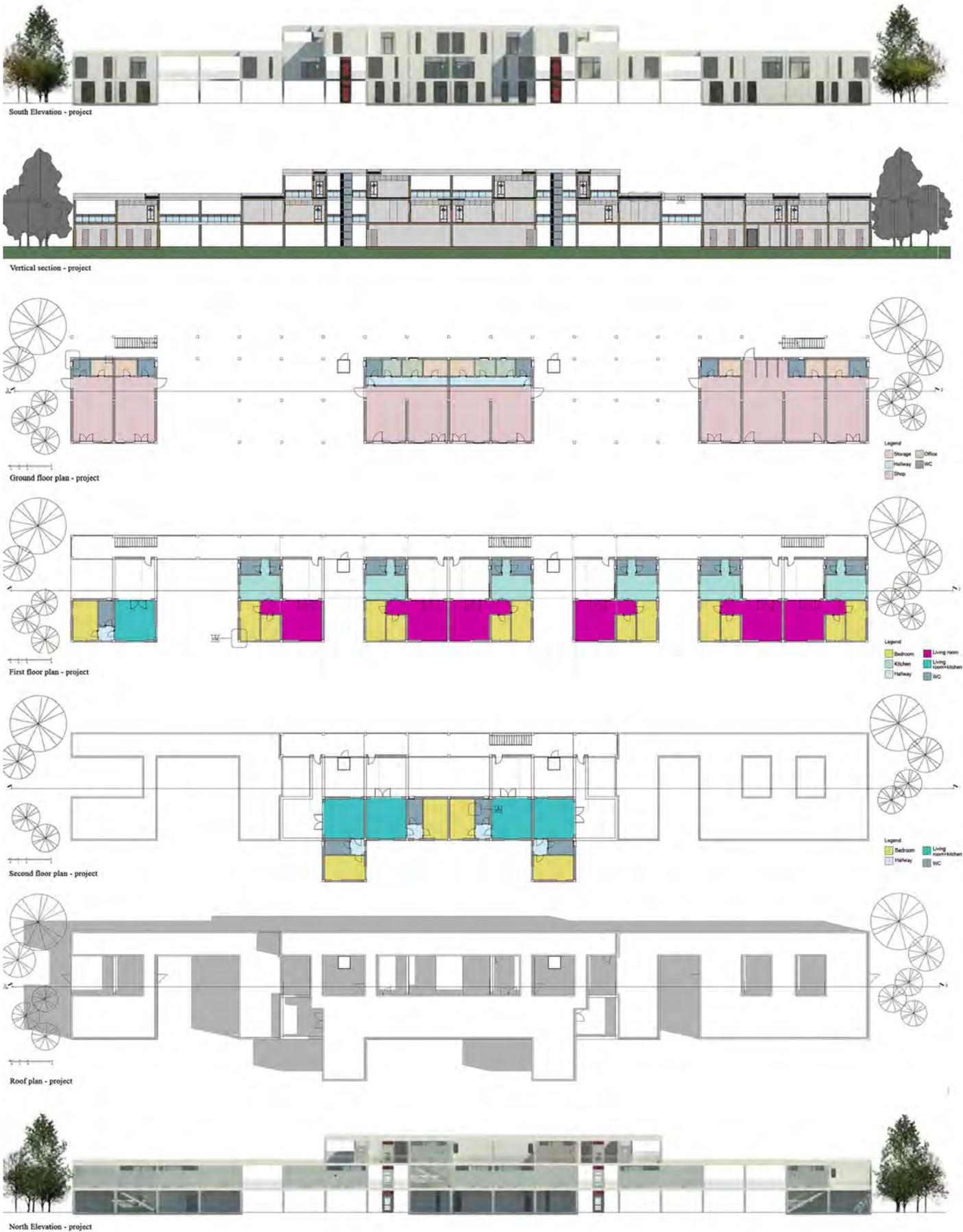


Fig. 3

above ground with frame structure, for mixed use, commercial and residential. The BIM model, integrating the complexity of structural and architectural data, was analyzed here with specific reference to technological data of particular components, sometimes taking data and parameters from families realized by production companies, sometimes processing them from literature data. The evaluations verified the use of different technologies in relation to the technological elements that make up the horizontal and vertical elements and internal walls modelling them in their respective families, not only in their metric and dimensional characteristics, but also on the basis of different parameters that analyze sustainability not only in relation to the materials that compose them but also in relation to the life cycle of the building. In particular, the test that was carried out through parametric modelling hypothesized the disposal or transformation of the technological elements listed above and the replacement with innovative ones with natural matrix, the traditional brick of the partition was replaced with a biobrick, as well as the traditional plaster with other based on hydraulic lime, while the roof was transformed into a sustainable green roof. Operating in BIM in phases temporally diversified, each of them related to the use of a particular technology, allowed evaluations in relation to parameters for each component of data related to the respiratory and inorganic allergens, the minerals present in the processing, the influence in climate change, the presence of carcinogenic substances and radiation in the industrial production process, as well as the use of fossil fuels, up to ecotoxicity. These parameters, transformed into attributes of materials and building elements, have implemented the data already available in households and put evaluations in relation to the environmental criteria of technological choices, developing specific schedules related to the environmental dimension and sustainability of the project.

Focusing the database on sustainability (Caterina Frettoloso)

From the point of view of circularity, i.e. the valorisation of resources which foresees the overcoming of the very idea of waste, the construction industry has the opportunity to work on the reduction of waste, which translates into a particular attention, first of all, to the construction/disposal of the technological components and the impact on the environment that the materials will have at the end of the building's life. Topics discussed and explored in depth in the scientific field of Architectural Technology since the 1990s when a series of research projects and experiments on the life cycle of buildings and on the recycling/recovery/reuse of construction and demolition materials were promoted. The results of such research have contributed over the years to enrich the protocols, guidelines and, in general, the tools for assessing the environmental and energy quality of building materials.

Interesting insights, for the following reflections, have been provided by the research conducted by the Ellen MacArthur Foundation, aimed at promoting a transition to the circular economy. I am referring to the ReSOLVE framework, an approach applicable to the construction world based on six strategic actions in which the building is conceived in relation to its entire life cycle and not only with respect to its final use (ARUP, 2016). Narrowing the field to building materials, and reasoning with extreme synthesis, the research shows the need to adopt strategies and project solutions mainly oriented to promote the use of locally available materials and resources, optimizing their potential and minimizing waste.

If we share a circular approach to the design of the built environment (Sennett, 2008; Osservatorio Recycle, 2017; Starace and Realacci, 2018), the comparison with the opportunities offered by digital tools, such as the BIM technology illustrated in the previous paragraph, becomes decisive, thanks to which it is possible to experiment construction models "enriched" by a series of data that, when put into the system, can provide decision support for specific focuses in the perspective of sustainability.

This potential is at the heart of the retrofit project experimentation described above and which has the strategic objective of guaranteeing the improvement of the technological-environmental performance of the building and the control of the impacts associated with the planned activities. The database, which can be implemented, currently provides for a series of "containers" (composition, production process and disposal) for each material, in which data considered significant and based on which project choices have been made.

What emerges from the experience is more about the amount of data to be entered than the type. Especially when experimenting with new materials it is important to consider not only the energy performance but also where it comes from, how the supply chain is managed and the possibilities for reduction, reuse and recycling. The possession or not of environmental labels (Type I), self-declared environmental claims (Type II) or Environmental Product Declarations (Type III) is a first data to be acquired, which is important to direct the project choices according to the weight to be given to the different environmental criteria.

The database needs, therefore, to be oriented towards specific project objectives that can change even rapidly as the context conditions change.

The experience conducted has served above all to identify areas of reflection related to the support that BIM can offer. In addition to the selection and integration of the different environmental requirements that can be found in the literature (Campioli and Lavagna, 2010), it is confirmed, in particular, the need to use comparable data that highlight the potential for reuse of the element or individual materials.

In fact, dwelling above all on the "disposal" box of our database, in order to be able to trace, quantify and plan the recovery or recycling process of the materials used in a given artefact, we feel the need to work on the definition of the performance level of the components and, in general, on the properties of the materials, after their disposal. Such data are important to assess the potential of the discarded product with respect to the different recovery, reuse or recycling processes that should be undertaken.

Reasoning about the potential will also mean considering all those aspects that contribute to determining the timing and costs associated with individual processes after disposal. All this is not only to orient choices during the project phase, but also to facilitate the relationship between supply and demand of recovered materials in the building and infrastructure supply chains if a circular approach is taken.

Conclusions

This work has studied the role that BIM technology can play controlling the environmental dimension of innovative building materials and has shown through an appropriately structured case study the significant environmental benefits. The content of "information" associated to the individual materials, in fact, has a direct impact on the control of existing buildings recovery and the "ex-novo" project in an eco-oriented way. Further investigation could also be extended in other areas in order to assess the temporal and economic aspects of the choices

in order to a more complete evaluation. The simple variation of the data related to the various parameters offers the actors of the contemporary building process evaluations through which to make choices also thanks to the changes that the building can have during its life cycle. The database needs to be oriented towards specific project objectives using comparable data that highlight the potential for reuse of the element or individual materials. The temporal dimension not only of the evolution of the design idea but also of the life of the building itself is another advantage offered by the parametric model that follows the building from conception to demolition.

References

- Altamura, P. (2015), *Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, FrancoAngeli, Milano, IT.
- Arup (2016), The Circular Economy in the Built Environment, available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment> (accessed 26 March 2019).
- Campoli, A. and Lavagna, M. (2010), "Criteri di ecologicità e certificazione ambientale dei prodotti edilizi", *ilProgettoSostenibile*, vol. 3, pp. 48-55.
- Das, B. B. and Neithalath, N. (eds.) (2019), *Sustainable Construction and Building Materials*, Springer, Singapore, SG.
- Franchino, R., Frettoloso, C. and Pisacane, N. (2019), "Tecnologia BIM e innovazione materiale: la dimensione ambientale", *Agathon / International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 41 -50.
- Kabisch, N., Bonn, A., Korn, H. and Stadler, J. (eds.) (2017), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages Between Science, Policy and Practice*, Springer, Switzerland, CH.
- Osservatorio Recycle (2017), L'economia circolare nel settore delle costruzioni, available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_recycle_2017.pdf (Accessed 28 March 2019).
- Sennett, R. (2008), *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Starace, F. and Realacci, E. (2018), 100 Italian circular economy stories, available at: <http://www.symbola.net/html/article/100italiancirculareconomy> (accessed 28 March 2019).

Fig. 1 - Technological details extracted from the BIM model with information data and comparison between traditional and innovative materials, their application and advantages. Credits: Rosanna Russo

Fig. 2 - Plan and vertical section from BIM Model in the original phase with traditional materials and technologies. (redits: Rosanna Russo

Fig. 3 - Plan, elevation and vertical section from BIM Model in the transformation phase with use of innovative materials and technologies. Credits: Rosanna Russo

INFRASTRUTTURE DIGITALI NEI COMPONENTI DI INVOLUCRO PER LA GESTIONE DEGLI EDIFICI

Matteo Giovanardi¹, Edoardo Giusto², Riccardo Pollo³

Abstract

La rivoluzione digitale portata dall'IoT sta rapidamente mutando il modo in cui progettiamo, viviamo e gestiamo gli ambienti urbani. In questo contesto la componente immateriale legata al progetto architettonico assume una valenza nuova nell'uso consapevole delle risorse, nella tracciabilità dei processi e nella gestione sostenibile degli edifici. L'articolo presenta i primi risultati di una ricerca mirata allo sviluppo di tecnologie low-cost integrabili nei componenti edilizi di involucro. Si riporta l'esperienza condotta sull'utilizzo di sensori per il monitoraggio della qualità dell'aria.

Keywords: IoT, Materia particolata (PM), Sensori, Serramenti

¹ Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, matteo.giovanardi@polito.it

² Dipartimento di Automatica e Informatica, Politecnico di Torino, edoardo.giusto@polito.it

³ Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, riccardo.pollo@polito.it

Inquadramento

L'introduzione di tecnologie digitali nei processi di progettazione e gestione degli ambienti urbani sta progressivamente ridefinendo i confini di indagine del progetto architettonico. Fino ad oggi le innovazioni tecnologiche, di prodotto o di processo, che, hanno scandito le trasformazioni nella storia dell'architettura sono state associate principalmente alla sfera materiale dei componenti edilizi.

Oggi la trasformazione digitale, privilegiando i processi computazionali rispetto a quelli meccanicistici, pone un elemento nuovo e dirompente nel dibattito architettonico in quanto porta i progettisti a confrontarsi con una realtà immateriale e non tettonica (Ratti, 2017). Secondo Mayer-Schönberger e Cukier, inoltre, l'innovazione digitale oggi non risiede nell'evoluzione delle macchine che elaborano dati ma nei dati stessi e nel modo in cui riusciamo ad estrapolarne informazioni, intese quali entità utilizzabili (Chiesa, 2015). In questo contesto l'integrazione di componenti digitali in elementi fisici e la capacità di elaborare successivamente i dati rilevabili in tempo reale possono consentire un controllo maggiore nell'uso consapevole delle risorse, nella tracciabilità dei processi e nella gestione sostenibile degli edifici.

Nel panorama tecnologico attuale l'*Internet of Things* (IoT), inteso come l'insieme delle tecnologie che permettono ad un apparato fisico di essere connesso e condividere informazioni in rete, si configura in ambito architettonico come un mezzo nuovo per incrementare la conoscenza e il controllo dell'ambiente costruito.

Tali dispositivi se applicati ai manufatti edilizi urbani possono aumentare le proprietà degli oggetti, sino ad ora "muti", fornendogli capacità di rilevazione, calcolo e archiviazione delle informazioni (Talamo, 2016).

La necessità di una conoscenza maggiore sui fenomeni di interazione tra uomo, edificio e ambiente può essere ricondotta ad un approccio al progetto connotato alla Tecnologia dell'Architettura, quello esigienziale-prestazionale (Paris, 2010). Tale visione porta, infatti, a concepire l'edificio come un sistema mirato a fornire un servizio i cui parametri di qualità devono

essere controllati, misurati e gestiti in continuo, nel corso della vita utile del manufatto.

In un'ampia prospettiva, la mole di informazioni fornite quotidianamente dai nostri edifici può perfezionare il funzionamento di una macchina urbana in cui ogni componente, la singola costruzione o parte di essa, diviene un nodo modale in una rete urbana interrelata e connessa. Si articola in questo modo il ruolo dell'edificio all'interno della città in cui i dati da esso ricavabili divengono utili a mappare un sistema esistente, a rilevare dinamiche mai emerse o a vedere la realtà urbana e ambientale sotto una nuova prospettiva (Ratti, 2017).

Il ruolo dei dati nella gestione degli edifici

Le stime delle maggiori società di consulenza tecnologica e finanziaria ipotizzavano già 5 anni fa un incremento sostanziale del numero di dispositivi IoT installati in ambiente urbano, passando da 4 a circa 25 miliardi di "cose connesse" entro il 2020 (Gartner Inc.¹). Le cifre economiche che descrivono oggi il fenomeno digitale confermano queste visioni e individuano nei settori strettamente legati alla "smartizzazione" del costruito (smart metering, building e city) i maggior investimenti nel prossimo futuro (Osservatori Digital Innovation²). Come viene testimoniato dal crescente numero di *startup* e imprese innovative operanti nella gestione e rielaborazione dei dati attraverso tecniche avanzate di analisi (*Data Mining*, *Machine Learning*, *Intelligenza Artificiale*), l'IoT si pone come uno strumento nuovo in grado di riscrivere le logiche del *knowledge management*.

Dalla tracciabilità del processo edilizio per mezzo di tecnologie Radio-Frequency Identification (RFID) all'ottimizzazione delle performance energetiche utilizzando sensori ambientali, le esperienze sviluppate negli anni hanno interessato temi disparati.

Arnesano et al. (2019) studiano l'integrazione di sensori per il controllo della radiazione solare incidente in moduli di facciata prefabbricati al fine di ridurre il consumo energetico per il raffrescamento estivo e l'illuminazione interna attraverso il controllo delle schermature solari. Lițiu et al. (2019) nel mappare le trasformazioni digitali nei processi di gestione degli edifici ripor-

¹ Gartner Inc., (2014), Predicts 2015: The Internet of Things. Gartner Inc. è una società per azioni che si occupa di consulenza strategica, ricerca e analisi nel campo della tecnologia dell'informazione

² Osservatori Digital Innovation - Internet of Things. Fonte: Politecnico di Milano https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/internet-of-things

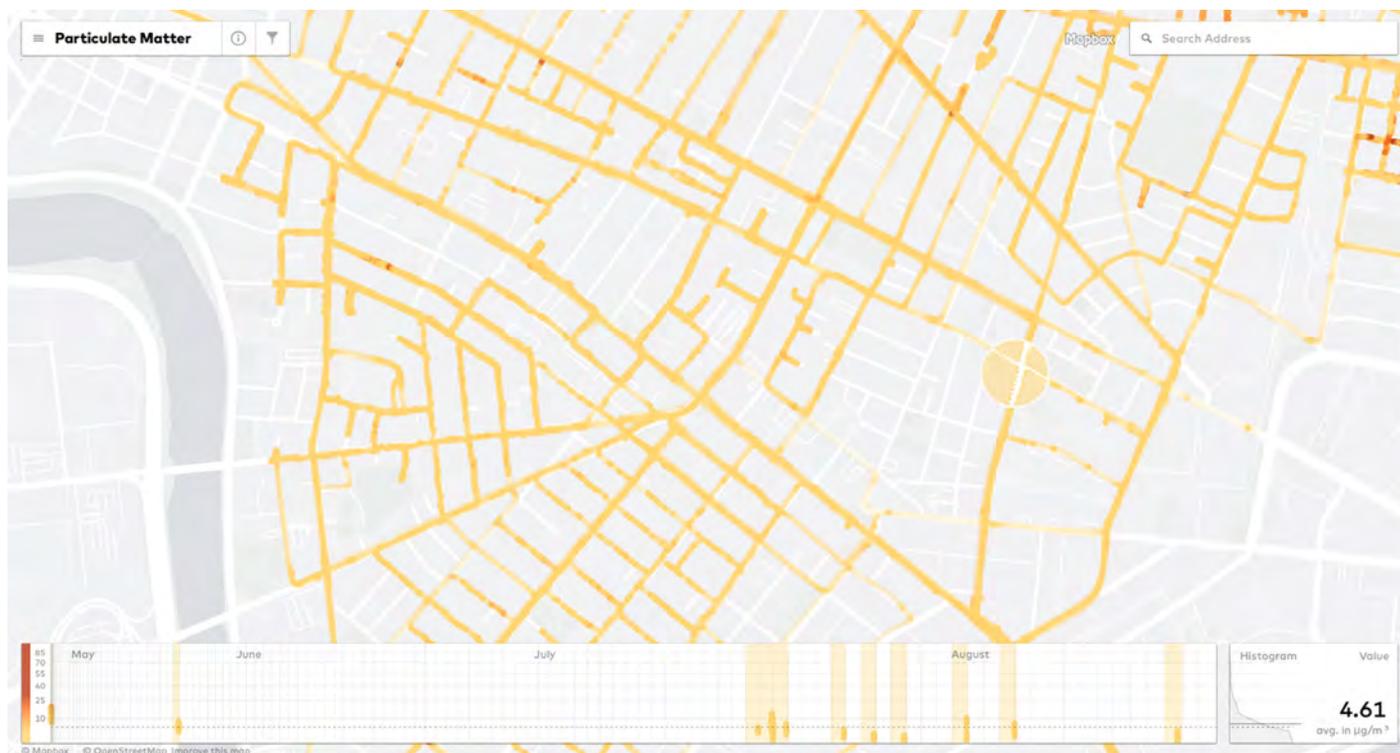


Fig. 1

tano l'esperienza della startup italiana *Enerbrain* quale esempio delle potenzialità ottenibili dall'IoT per l'efficientamento energetico degli edifici. I3P³ ha incubato startup quali *SYSDEV*, oggi divenuta impresa, in grado di sfruttare estensimetri e trasmettitori wireless applicati ai componenti edilizi per monitorarne i parametri fisici (deformazioni, temperatura, inclinazione, eventi sismici) che influenzano il comportamento strutturale di edifici e infrastrutture. Un approccio differente ma analogo lo ritroviamo nei servizi offerti dallo studio *EFM engaging place*, basati sul monitoraggio del comportamento dell'utenza e non solo dei componenti e dei sistemi. In questo caso i sensori integrati negli ambienti di lavoro vengono utilizzati per descrivere le modalità di utilizzo degli spazi al fine di ottimizzarne l'impiego e il comfort interno.

Nella gestione dei processi edilizi le potenzialità generate dalla condivisione delle informazioni opportunamente rielaborate pongono una questione di scala. Se da un lato il monitoraggio dei fenomeni in tempo reale può condizionare il comportamento quotidiano dell'utenza dall'altro, ad una scala più ampia, esso può diventare un elemento di supporto alle decisioni dei soggetti pubblici e privati nel definire politiche e programmi di sviluppo. La natura immateriale dell'informazione si presta ad essere agevolmente scalabile dal livello dell'edificio, al quartiere alla città. La correlazione di tali informazioni con altri fenomeni fisici ed ambientali amplia le prospettive di gestione degli spazi.

Per altro verso, l'innovazione tecnologica in questo ambito ha portato negli anni a ridurre drasticamente il costo dei dispositivi di rilevamento consentendone un uso diffuso all'interno della città. Sono diversi i progetti europei che oggi studiano i benefici ottenibili da un monitoraggio *low-cost* distribuito sull'intero territorio. Velasco et al. (2016), riprendendo il progetto OSIRIS⁴, evidenziano i vantaggi di un monitoraggio urbano per il controllo della qualità dell'aria, dell'inquinamento delle acque e delle emissioni prodotte dalle industrie. DeSouza et al. (2017) sottolineano come tali strumenti possano servire a coinvolgere e

sensibilizzare i cittadini su temi ambientali.

Tuttavia, le ricerche fin qui riportate concordano su una carenza di normative e standard che possano regolare l'acquisizione e la rielaborazione di dati a scala urbana riconoscendone il valore.

IoT, ambiente e aria

L'interazione tra uomo ed edificio coinvolge l'istanza ambientale attraverso la regolazione degli scambi energetici e ambientali tra spazi aperti e spazi confinati.

L'utilizzo di dispositivi IoT per il monitoraggio dell'ambiente consente di descrivere in modo quali-quantitativo fenomeni talvolta nascosti. Tali informazioni assumono una valenza maggiore se rivolte al monitoraggio di parametri che gravano direttamente sulla salute umana come la qualità dell'aria. Report ambientali e numerose ricerche scientifiche registrano oggi più di 7 milioni di decessi provocati dall'inquinamento atmosferico nel solo 2018 con un costo per l'economia mondiale pari a quasi 225 miliardi di dollari (IQAir⁵).

In questo contesto risulta fondamentale poter misurare in modo puntuale i fenomeni ambientali correlati. In Italia le città a partire dagli anni Settanta si sono attrezzate di stazioni di monitoraggio fisse affinando nel tempo le tecniche di misurazione e il grado di attendibilità del dato monitorato. Tale approccio tuttavia non consente di avere una rilevazione puntuale dei fenomeni all'interno della città, di un quartiere o di un singolo edificio e di correlare le emissioni nocive all'azione di fonti puntuali e dalla compresenza di fattori ambientali che si verificano in determinati luoghi e momenti temporali.

Per tale motivo istanze avanzate nella ricerca scientifica e tecnologica, stanno iniziando ad indagare le potenzialità di un monitoraggio della qualità dell'aria a scala urbana attraverso l'utilizzo diffuso delle tecnologie IoT. Diverse esperienze condotte nelle città di Londra, Barcellona, Boston, Nairobi e Torino

3 I3P: Incubatore di imprese innovative del Politecnico di Torino.

4 Progetto CORDIS. OSIRIS. "Open architecture for Smart and Interoperable networks in Risk management based on In-situ Sensor", 2006-2009

5 IQAir. 2019 World Air Quality Report. <http://www.iqair.com>

propongono l'integrazione di sensori incorporati in differenti oggetti: biciclette, veicoli di car sharing, mezzi per la raccolta dei rifiuti, dispositivi indossabili o stazioni fisse. Costituisce un tema di indagine importante valutare quali oggetti si prestino maggiormente ad integrare tali dispositivi, in termini di fattibilità tecnico-economica, manutenzione, qualità del dato monitorato e capacità di distribuzione sul territorio.

Sulla scorta delle considerazioni fatte, la ricerca condotta individua nei serramenti, l'"intelligenza dei muri" secondo una definizione di Matteoli e Peretti (1990), i componenti più adatti ad integrare sensori per la rilevazione dei parametri di qualità dell'aria. Le finestre sono, infatti, il filtro dei flussi di energia e di materia tra ambiente esterno ed interno. L'IoT si presta ad essere integrato in un componente edilizio già tecnologicamente avanzato, che già per sensori di sicurezza incorpora al suo interno predisposizioni per cablaggi. L'ipotesi di dotare i sistemi di facciata di dispositivi *plug&play* permetterebbe una vera e propria scansione dei centri urbani sia in pianta che in alzato. Inoltre, il serramento per le sue caratteristiche d'uso si presta ad essere soggetto a programmi di manutenzione, necessari alla gestione dei dispositivi, che possono essere condotti in sicurezza dall'interno degli edifici. Anche dal punto di vista economico l'integrazione di tali sensori non inciderebbe in modo sostanziale sul costo del serramento stesso. In questo contesto viene attualizzato il ruolo di filtro dell'elemento finestra e l'applicabilità di dispositivi IoT ai serramenti amplia le prospettive di utilizzo delle informazioni monitorate nei processi di controllo e regolazione degli impianti meccanici (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione meccanica).

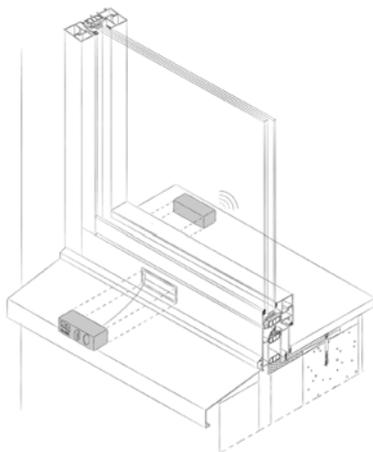


Fig. 2

La sperimentazione

Il contributo riporta gli esiti di una sperimentazione effettuata presso la sede del Dipartimento di Architettura del Politecnico di Torino. Allo scopo di simulare la funzionalità di sensori incorporati nei serramenti per il monitoraggio della concentrazione di PM_{2,5} e PM₁₀ è stato selezionato un ambiente nel quale fosse possibile installare un dispositivo, specificamente predisposto per essere collocato in aderenza alla finestra all'esterno e all'interno contenente i sensori e le schede per l'elaborazione dei dati. L'installazione è stata effettuata in un vano finestra posto al terzo piano fuori terra di un edificio collocato in ambito urbano, lontano da emissioni puntuali dovute alla presenza delle auto. Ad una distanza di circa 20 metri era presente il camino della centrale termica del complesso universitario. Il periodo di campionamento è durato 6 giorni, da martedì 11 febbraio 2020, alle ore 18:00 (UTC) a lunedì 17 febbraio 2020, alle ore 10:00 (UTC).

Il dispositivo, ancora in uno stadio prototipale, incorpora, ol-

tre ai sensori elencati di seguito una scheda Raspberry Pi (RPI) *single-board computer*. Con l'obiettivo di limitare i costi in fase di prototipazione del sistema abbiamo optato per la versione Zero Wireless. Il dispositivo utilizza il sistema operativo Arch Linux ARM.

Il principio operativo del sistema si basa sul seguente processo: i dati campionati dai sensori sono raccolti da script Python e memorizzati all'interno della MicroSD card dello RPi. Per estrarre i dati per l'elaborazione si può procedere o allo spegnimento e all'estrazione della scheda, oppure tramite connessione tipo SSH se lo RPi si trova all'interno della stessa rete.

Le due piattaforme installate, una interna ed una esterna, sono dotate di 4 sensori di polveri sottili utilizzando la tecnologia Light Scattering, un sensore di temperatura, un sensore di umidità relativa e uno di pressione atmosferica. Le dimensioni dell'apparato (44 mm x 36 mm x 12 mm) sono tali da consentire agevolmente l'inserimento dello stesso all'interno del telaio fisso del serramento testato.

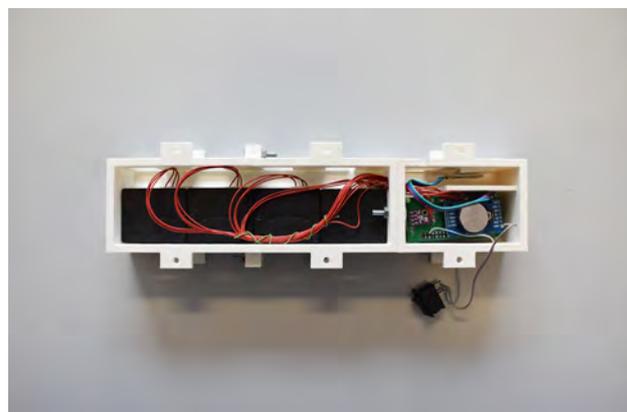


Fig. 3

Risultati

La sperimentazione condotta ha consentito di leggere in tempo reale le condizioni dell'ambiente esterno ed interno. Alla raccolta dei dati grezzi per mezzo dei sensori precedentemente presentati la ricerca ha imposto una rielaborazione di tali informazioni allineando i valori monitorati con cadenze temporali differenti. La scrematura di dati, troppo frequenti e non significativi ai fini della ricerca, ha portato ad una misura ogni 90 secondi, ottenuta mediando i valori rilevati nell'intervallo.

I risultati ottenuti, in accordo con l'accuratezza di un sensore *low-cost*, consentono di fare già una prima serie di considerazioni rispetto alle potenzialità del sistema.

Il grafico sottostante mostra l'andamento della concentrazione dei PM₁₀ esterni e la temperatura dell'aria. Dal grafico è possibile notare i bassi valori di polveri presenti nei primi giorni di misura riconducibili al forte vento.

Dallo stesso grafico si evince l'andamento delle temperature che scandisce l'arco della giornata, ripreso anche dal trend dei valori di PM₁₀ (Fig. 4).

L'andamento riscontrato confermerebbe il fatto che le fonti principali di particolato in quelle determinate condizioni fossero direttamente influenzate dagli impianti di riscaldamento. Dalla comparazione tra valori interni ed esterni, riportato nei grafici seguenti, è intuibile come un incremento dei valori interni si verifici con fenomeni puntuali solo durante le giornate lavorative. Le due ipotesi ricorrenti potrebbero individuare nell'apertura delle finestre e nell'attivazione del ventilconvettore le principali cause del fenomeno. Questo si può intuire meglio indagando la temperatura interna rilevata. Una veloce riduzione della temperatura descrive il momento in cui si aprono le finestre in ufficio,

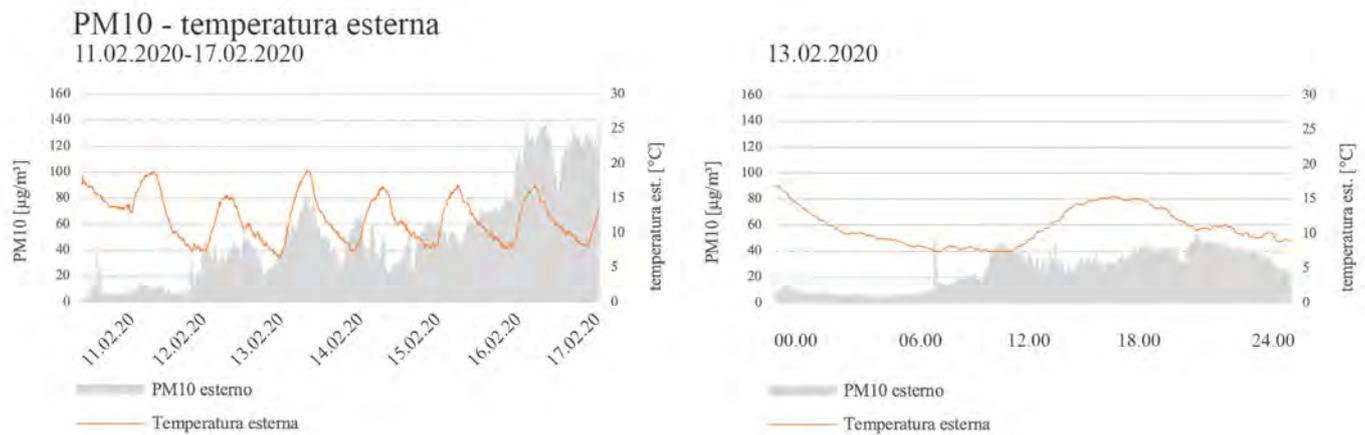


Fig. 4

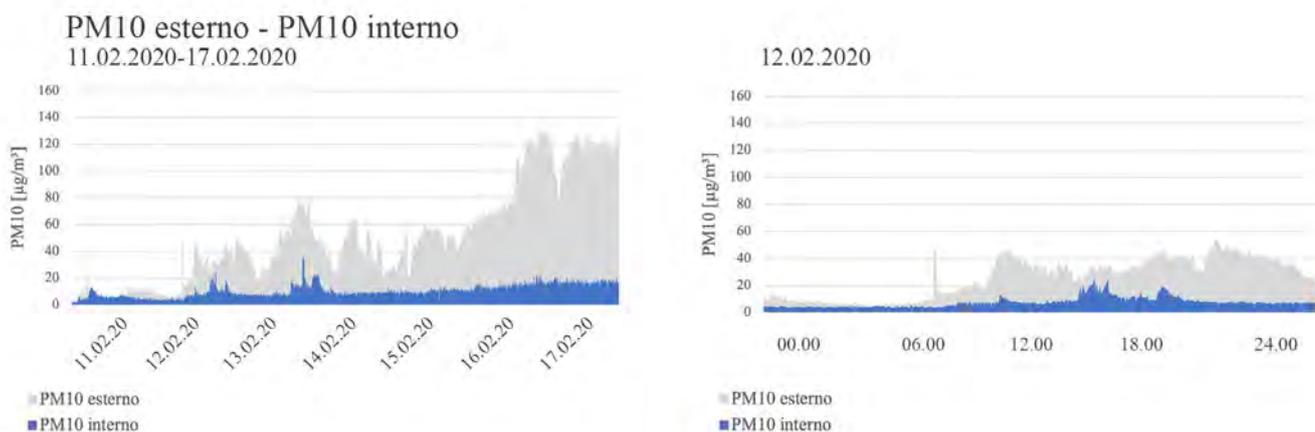


Fig. 5

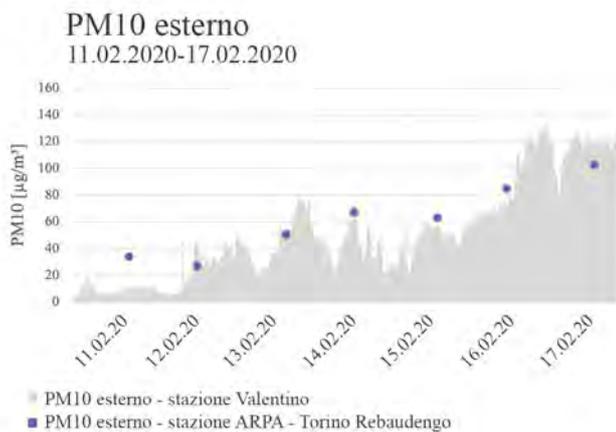


Fig. 6

in alternativa l'incremento delle polveri è riconducibile all'utilizzo del ventilconvettore (Fig. 5).

Un'ulteriore considerazione può essere avanzata nel capire i vantaggi di un monitoraggio diffuso e orario. Rispetto ai dati medi giornalieri forniti da ARPA, su cui si basano le disposizioni in materia di limitazione del traffico stradale, è utile capire come si distribuiscono le concentrazioni nell'arco della giornata (Fig. 6).

Conclusioni e futuri sviluppi

Il contributo si è posto l'obiettivo di indagare le potenzialità connesse all'integrazione di tecnologie IoT nei componenti di involucro edilizio. La sperimentazione effettuata sul monitoraggio della concentrazione di PM10 e PM2,5 in ambiente interno ed esterno mostra solo alcuni degli aspetti potenzialmente indagabili mediante tali applicazioni. L'utilizzo di tecnologie *low-cost* consente oggi di incrementare notevolmente la conoscenza degli spazi che abitiamo, l'attività di elaborazione dei dati consente di condividere le informazioni alle diverse scale, da una regolazione del sistema edificio-impianto, all'informazione dell'utenza fino ad arrivare a mappature urbane in grado di descrivere fenomeni puntuali.

La possibilità di disporre di numerosi punti di misura ci può consentire di valutare l'influenza di fattori locali, quali la disponibilità di verde, le ostruzioni presenti alla ventilazione e le attività presenti. La presenza sempre più massiva di tali dispositivi in ambito urbano, accompagnato necessariamente ad uno sviluppo normativo che regoli l'uso e il valore dei dati, consentirebbe una maggior efficacia nella gestione degli edifici in cui ogni processo può essere monitorato e calibrato al fine di ridurre drasticamente l'uso di risorse.

Il modulo semintegrato utilizzato per la sperimentazione si presta ad un ulteriore sviluppo in futuro mediante l'inserimento di ulteriori sensori (tag RFID, sensore di presenza interna, livello di illuminazione) nell'ottica di sviluppare un dispositivo

digitale innovativo in grado di rispondere alle attuali esigenze di mercato. Gli stessi produttori e posatori di serramenti, in una logica nuova di sviluppo del prodotto, potrebbero predisporre i telai in modo da poter ospitare, qualora il cliente finale lo desideri, in modo rapido ed economico, il componente digitale. Superate le criticità che vedono l'integrazione di un sensore in un componente edilizio, la ricerca si concentrerà nello sviluppare la struttura digitale utile ad archiviare i dati e mostrarli in rete tramite una semplice interfaccia grafica. Le informazioni rilevabili da un monitoraggio continuo delle prestazioni del serramento potranno, inoltre, aprire interessanti prospettive in termini economici, sul versante delle garanzie di qualità e assicurative legate al prodotto. La disponibilità dei dati e le possibili modalità del loro utilizzo da parte di soggetti pubblici o privati rafforza l'idea dell'edificio intelligente, inteso come *hub* di dati, in grado di produrre valore.

Disclaimer

I dati sperimentali non hanno valore normativo poiché misurati con strumenti non calibrati ufficialmente. Il contributo, condiviso dagli autori, è stato curato da Pollo per il primo paragrafo, Giovanardi per il secondo e il terzo, da Giusto per il quarto e infine il quinto e sesto da Pollo e Giovanardi.

References

- Amesano, M., Bueno, B., Pracucci, A., Magnani, S., Casadei, O. and Revel, G. M. (2019), "Sensor and control solutions for Smart-IoT façades modules", conference paper of 2019 IEEE International Symposium on Measurements & Networking (M&N), Catania, IT, Luglio 8-10, 2019, pp. 1-6.
- Chiesa, G. (2015), *Paradigmi, tecnologie ed ere digitali. Il dato come parametro di innovazione in architettura e urbanistica*, Academy University press, Torino, IT.
- Desouza, P., Nthusi, V., Klopp, J.M., Shaw, B.E., Ho, W.O., Saffel, J., Jones, R. and Ratti, C. (2017), "A Nairobi experiments in using low cost air quality monitors", *Clean Air Journal*, vol. 27, n. 2, pp. 12-34.
- EEA (2019), Air quality in Europe - 2019 Report, European Environment Agency, Copenhagen.
- Lițiu, A. V., Verbeke, S., Hahn, J., Stjelja, D., Dooley, K., Brelih-Wasowski, J., Martinac, I., Lavesson, N., Gräslund, J., Isaksson, P. O., Hälleberg, D. and Carling, P. (2019), "Mapping digital transformation in building performance assessment and management – commercial activities for the operation phase", *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 10, n. 3, pp. 342-347
- Matteoli, L. and Peretti, G. (1990), *Finestre: l'intelligenza dei muri*, Scriptorium, Moncalieri, IT.
- Paris, S. (2010), "Innovazione tecnologica e qualità dell'architettura: i nuovi limiti", in Paris, S. (ed.), *Architettura e tecnologia. Lectures*, Quaderni di cartone, Designpress, Milano, IT, pp. 21-31.
- Ratti, C. and Claudel M. (2017), *La città di domani. Come le reti stanno cambiando il futuro urbano*, Einaudi, Torino, IT.
- Talamo, C., Atta, N., Martani, C., Paganin, G., (2016), "L'integrazione delle infrastrutture urbane fisiche e digitali: il ruolo dei "Big Data"", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 11, pp. 217-225.

- Velasco, A., Ferrero, R., Gandino, F., Montrucchio, B., Rebaudengo, M. (2016), "A Mobile and Low-Cost System for Environmental Monitoring: A Case Study", *Sensors*, vol. 16, pp. 710-727.

Fig. 1 - MIT – Senseable City Lab. CityScanner. Piattaforma online che raccoglie i dati monitorati sull'intero territorio analizzato. Fonte: <http://senseable.mit.edu/cityscanner/app>

Fig. 2 - Ipotesi di posizionamento dei sensori semintegrati nei serramenti.

Fig. 3 - Dispositivo contenente i sensori di temperatura, pressione, umidità, polveri sottili e la scheda Raspberry utilizzati nella sperimentazione.

Fig. 4 - PM10 e temperatura esterna nel periodo analizzato e nella giornata di venerdì 13 febbraio 2020, Castello del Valentino, Torino)

Fig. 5 - PM10 interno ed esterno nel periodo analizzato e nella giornata di giovedì 12 febbraio, Castello del Valentino, Torino.

Fig. 6 - PM10 valori tramite la sperimentazione e dati ARPA. Fonte: http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/consultadati_giorno.

STRUMENTI DI SUPPORTO AL PROGETTO PER DINAMICHE DI ECONOMIA CIRCOLARE IN EDILIZIA

Serena Giorgi¹

Abstract

Il contributo si concentra sugli strumenti digitali sviluppati per lo scambio di informazioni e materiali, allo scopo di attivare strategie di economia circolare lungo il processo edilizio. Vengono analizzate le ricadute sul progetto, in particolare sui relativi aspetti decisionali, cognitivi ed operativi. Inoltre, vengono evidenziate le criticità degli attuali strumenti, sottolineando come gli stessi debbano essere implementati per includere valutazioni di sostenibilità ambientale in ottica Life Cycle, al fine di promuovere dinamiche non solo circolari ma soprattutto sostenibili.

Keywords: Economia circolare, Sostenibilità, Tracciabilità, Life Cycle Assessment, Piattaforme di scambio, Passaporto materiali

¹ D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, serena.giorgi@polimi.it

Introduzione

L'attuale strategia europea del Green New Deal (Commissione Europea, 2019) sta sempre più spingendo verso una transizione dall'attuale economia lineare verso un'economia circolare (Commissione Europea 2014, 2015). Il settore delle costruzioni è considerato un settore prioritario per la transizione, quindi sono necessari cambiamenti nella gestione dei materiali e nella progettazione delle soluzioni tecnologiche. L'edificio dovrebbe essere concepito come una *banca di materiali*, parte di un sistema basato sull'*urban mining*, pensato con criteri di disassemblabilità e di uso efficiente delle risorse al fine di ridurre gli impatti ambientali e la generazione di rifiuti (Campioli et al., 2018).

Tuttavia le strategie di economia circolare sono ancora poco applicate a livello dell'edificio. Infatti nel settore edilizio risulta difficile innescare un cambiamento a causa delle sue peculiarità di processo, che vede il coinvolgimento di differenti operatori più o meno tra loro relazionati per periodi temporali di medio e lungo termine.

In questo contesto vengono poste nuove sfide nell'ambito delle tecnologie digitali, che possono svolgere un ruolo di supporto al progetto e processo edilizio per innescare relazioni tra operatori e scambi di informazione e materiali all'interno della prospettiva di un'economia circolare sostenibile.

Il tema trattato nel presente contributo considera in particolare modo gli aspetti "immateriali" del progetto (accessibilità all'informazione come supporto al processo decisionale e cognitivo), utili a migliorare la gestione e la sostenibilità degli aspetti "materiali" (prodotti recuperati, tecnologie costruttive disassemblabili). L'obiettivo è quello di restituire lo stato dell'arte delle buone pratiche, a livello europeo, inerente gli strumenti di supporto al progetto utili a migliorare la gestione circolare delle risorse materiche. Dette buone pratiche emergono da una fase di ricerca¹ condotta nei Paesi europei più avanzati nell'applicazione dell'economia circolare (Belgio, Olanda), attraverso interviste dirette agli operatori del settore edilizio. Il contributo analizza gli strumenti di supporto alla gestione dei flussi materici durante il processo edilizio, ed evidenzia i miglioramenti necessari al fine di incoraggiare dinamiche circolari e sostenibili.

Economia circolare e processo edilizio

Per garantire un uso sostenibile delle risorse, il progetto deve basarsi su un processo decisionale mirato all'allungamento della vita dell'edificio, del componente e del materiale, attraverso scelte tecnologiche costruttive che evitino la generazione di rifiuti e che consentano di attivare strategie circolari sostenibili (Adams et al., 2017). Inoltre, sono fondamentali gli strumenti che permettono di conoscere la disponibilità e la sostenibilità dell'uso dei materiali secondari, mettendo in relazione diversi attori e nuove competenze.

In questo contesto il tema centrale risulta la tracciabilità (e l'accessibilità) delle informazioni e dei materiali attraverso piattaforme digitali che possano monitorare i flussi materici in entrata e in uscita dallo stock edilizio e mappare tutte le relative caratteristiche qualitative e quantitative (Tab. 1). La raccolta delle informazioni sui materiali diventa quindi un'operazione che comincia dalla fase di progettazione e continua per l'intera vita dell'edificio, fino alla fase di fine vita.

La tracciabilità dei flussi materici in entrata riguarda le informazioni *up-stream* e può essere attuata tramite la creazione di un *database* di informazioni utili per il futuro, al fine di superare uno degli ostacoli principali al riuso/riciclo, ovvero la non conoscenza delle caratteristiche e della storia del materiale (Giorgi et al., 2019). Inoltre, essa, se applicata a tutti i processi di nuova costruzione e rigenerazione, rappresenta una collezione di dati che permette di conoscere gradualmente la composizione materica dell'intero patrimonio immobiliare, facilitando in futuro lo scambio materico e la conservazione delle risorse in ottica *urban mining*.

La tracciabilità dei flussi materici in uscita riguarda le informazioni *down-stream* e accompagna la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, i quali possono essere riutilizzati/riciclati per nuove applicazioni. Per mezzo di supporti digitali è possibile mettere in comunicazione la domanda e l'offerta incentivando lo scambio di prodotti, allungandone la vita utile e riducendo, al presente, la generazione di rifiuti e l'estrazione di ulteriori risorse.

¹ Tesi di dottorato PhD XXXII Ciclo, Politecnico di Milano, ABC-PhD "Circular Economy and regeneration of the building stock. Policies improvement, strategic partnership and life cycle decision-making tools" (2020), autore: Serena Giorgi, supervisors: M. Lavagna, A. Campioli.

Tracciabilità	Azione	Potenzialità	Strumento
“upstream” riguardante i flussi materici in entrata	Mappatura dei materiali/componenti utilizzati per nuova costruzione e ristrutturazione.	Permette di conoscere la composizione materica del patrimonio immobiliare e, quindi, facilitare il futuro riuso/riciclo dei materiali stoccati negli edifici.	Materials passport
“downstream” riguardante i flussi materici in uscita	Mappatura dei materiali/componenti derivati da processi di demolizione, costruzione e ristrutturazione (rifiuti e sfridi di cantiere).	Permette di conoscere e migliorare la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, e, quindi, promuovere oggi la domanda e l’offerta di prodotti riutilizzabili e riciclabili.	Piattaforme di scambio prodotti

Per garantire la raccolta di dette informazioni devono rientrare, durante il processo edilizio, prassi operative e decisionali attualmente poco diffuse. Esistono solo alcune *best-practices* nei paesi del nord Europa i quali, al fine di attivare processi di circolarità, hanno sviluppato piattaforme digitali per la tracciabilità del prodotto, coinvolgendo operatori specifici e aprendo nuove opportunità di business.

Di seguito vengono quindi trattati gli strumenti di tracciabilità, evidenziando quali informazioni vengono raccolte, quali operatori vengono coinvolti e come tali strumenti possano influenzare la fase di progettazione nei processi cognitivo-decisionale ed operativo.

Strumenti digitali per la tracciabilità *up-stream* del prodotto

Per la tracciabilità dei flussi materici in entrata emergono, in particolare, i *materials passports* che, anche se ancora poco diffusi, risultano attualmente molto discussi tra gli *stakeholders* del settore edilizio.

I *materials passports* sono l’insieme digitale dei dati che descrivono tutte le caratteristiche dei materiali e dei componenti di un prodotto/sistema, conservandone tutte le informazioni (EPEA, 2017; Dabacker et al., 2016; Luscuere, 2017): la registrazione anticipata dei materiali durante la fase di costruzione risulta più efficiente rispetto al completamento di un inventario posticipato. La ricerca BAMB (Building as Materials Banks) ha dato recentemente un forte contributo per la diffusione dello strumento *materials passport*, promuovendone l’importanza fondamentale per un efficace riuso/riciclo dei materiali stoccati all’interno dell’edificio e per il raggiungimento di una consapevolezza del valore residuo dei materiali stessi.

Un concreto esempio dei *material passports* è stato sviluppato nei Paesi Bassi dallo studio di architettura RAU Architect e l’azienda Turntoo con il *Madaster* (catasto dei materiali). Si tratta di una piattaforma digitale che ha l’obiettivo di dare un’identità ai materiali contenuti nell’edificio (banca di materiali), al fine di evitare la generazione futura di rifiuti, essendo i rifiuti stessi materie prime senza identità (Rau, 2016).

Riguardo le informazioni raccolte, la piattaforma fornisce la quantità e il volume di ciascun materiale, suddiviso per la durata di vita utile, secondo lo schema di S. Brands, e per le fasi del processo edilizio. La piattaforma, inoltre, mostra il valore attuale netto dei materiali e quello che avranno in futuro, al momento della demolizione (sulla base di dati storici). Infine, la piattaforma fornisce, un Indicatore di Circolarità (IC) che valuta in percentuale il livello di circolarità applicato nell’intero edificio.

L’utilizzo di tale piattaforma coinvolge diversi operatori, in particolare il progettista, che ha il compito di tracciare le informazioni durante la fase di progettazione. È fondamentale la collaborazione con il produttore, che conosce le caratteristiche del materiale, e il costruttore, che compie la fase di assemblaggio.

Siccome il passaporto dovrebbe includere informazioni sullo stato di riutilizzo e manutenzione del prodotto, anche l’utilizzatore dovrebbe avere il compito di tenere traccia dei cicli di modifica che il materiale subisce durante la sua vita utile. Tuttavia, questa pratica di “monitoraggio” non è ancora stata sperimentata, essendo la piattaforma sviluppata recentemente (il primo edificio è stato censito nella piattaforma nel 2013).

Il *materials passport* è utile a chi dovrà gestire l’edificio in futuro e quindi: al progettista che, conoscendo i materiali stoccati nell’edificio, potrà decidere più facilmente cosa poter riutilizzare; al potenziale compratore e rivenditore del materiale secondario che potrà avere maggiori certezze sulla qualità del prodotto; al proprietario che avrà una maggiore conoscenza e consapevolezza del destino dei materiali stoccati nel proprio edificio.

L’obiettivo di redigere un *materials passport*, influisce sulla fase di progettazione, in particolare sul processo operativo. L’utilizzo di strumenti BIM per la fase di progettazione definitiva ed esecutiva risulta obbligatorio per ottenere un’efficace catalogazione delle informazioni. Ciò facilita la mappatura dei materiali all’interno dell’edificio e quindi la preparazione dei passaporti dei materiali. In questo contesto, la possibilità di utilizzare una piattaforma che interagisce con il software BIM per definire i passaporti dei materiali è fondamentale.

Strumenti digitali per la tracciabilità *down-stream* del prodotto

In riferimento alla tracciabilità dei materiali in uscita esiste un numero maggiore di casi applicativi di piattaforme digitali per la mappatura dei prodotti secondari, sviluppate allo scopo di facilitare la compravendita dei materiali secondari mettendo in comunicazione diverse istanze del settore. Esistono casi italiani, tra i quali il progetto precursore *VAMP* (Antonini et al., 2001) che ha sviluppato un sistema IT per incoraggiare il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti di costruzione e demolizione e il più recente progetto *Atlante Inerti* che riporta una mappa georeferenziata degli impianti di produzione di aggregati riciclati (Baiani et al., 2018). Inoltre, si trovano altri esempi in Europa, come *Harvest Map* nei Paesi Bassi, che raccoglie su una piattaforma la disponibilità di materiali secondari sul territorio; esso è stato recentemente sperimentato anche in Italia, coinvolgendo però solo una quindicina di aziende. Esistono, poi, nel Regno Unito *Globe Chain*, *Recipro*, *Enviromate* per lo scambio di materiali secondari e *Builders-surplus* per rimettere sul mercato gli scarti di cantiere edile.

Altro esempio è la piattaforma *Opalis*, sviluppata in Belgio, particolarmente interessante in quanto oltre ad identificare sul territorio i materiali secondari riutilizzabili, individua anche gli operatori che offrono i servizi di disassemblaggio, pulizia e rigenerazione dei prodotti.

Questo tipo di piattaforma che traccia i materiali con approccio *down-stream* mette in comunicazione diversi operatori, in particolare il demolitore, che estrae i materiali stoccati nell’edificio esistente, il *re-manufacturer*, che rigenera e mette sul mercato il prodotto secondario, ed infine il progettista che ha il compito di decidere come riutilizzare tali prodotti secondari.

L’utilizzo di questo tipo di piattaforme influisce sulla fase di progettazione, soprattutto nei processi cognitivo-decisionali, in quanto la progettazione include una nuova fase di ricerca iniziale (tramite le piattaforme digitali) per conoscere quali sono i materiali secondari disponibili nelle aree circostanti. Per aumentare il livello di circolarità dei flussi di materiale, il progettista deve, quindi, assumere delle scelte in funzione del “campionario” di

materiali che ha a disposizione, risolvendo tutte le criticità intrinseche alla possibilità di riutilizzo (numero di pezzi a disposizione, dimensione, ecc.).

Criticità degli strumenti per la tracciabilità e potenziali miglioramenti verso la sostenibilità

Nonostante il recente interesse verso i supporti digitali per la tracciabilità al fine di promuovere l'economia circolare, risulta ancora totalmente trascurato l'aspetto della verifica della sostenibilità ambientale dei processi di circolarità.

Le piattaforme attualmente in uso, infatti, non tengono conto degli impatti ambientali, ma restituiscono solo una quantificazione e una localizzazione dei materiali stoccati all'interno dell'edificio e disponibili sul mercato.

Al fine di innescare processi sostenibili (e non solo circolari) occorre, quindi, che le nuove tecnologie digitali di tracciabilità mostrino anche il profilo ambientale dei materiali/prodotti considerando l'intero ciclo di vita degli stessi (ad esempio, ricorrendo a certificazioni ambientali come EPD). Nelle dinamiche circolari è importante anche valutare gli impatti del processo di riutilizzo/rigenerazione dei materiali secondari rispetto agli impatti derivati della stessa quantità di materiali provenienti da materie prime. Fondamentale, ad esempio, sarebbe calcolare preventivamente la distanza massima che i materiali secondari, localizzati in un preciso luogo, dovrebbero percorrere al fine di rispettare la soglia dell'impatto evitato. In questo contesto, il *Life Cycle Assessment* risulta lo strumento standardizzato (ISO 21930:2017; EN 15978:2011) utile a compiere tali valutazioni (Lavagna, 2008). Gli strumenti digitali per la tracciabilità uniti a strumenti life cycle per la quantificazione degli impatti (LCA) dovrebbero, quindi, essere gestiti da operatori competenti e qualificati che svolgano un ruolo attivo lungo il processo edilizio.

Conclusioni

Gli strumenti di tracciabilità, trattati nel presente contributo, sono necessari per la conoscenza del potenziale valore di circolarità dei materiali/prodotti stoccati nel patrimonio immobiliare, per l'abilitazione dello scambio e la conservazione delle informazioni e per l'attivazione di nuove opportunità commerciali di economia circolare. L'accesso alle informazioni, riguardanti i materiali in entrata e in uscita dallo stock edilizio, serve ad incoraggiare *networking* tra operatori, innescando azioni di recupero e riuso di materiali/prodotti derivati dai processi di rigenerazione del patrimonio.

La raccolta delle informazioni è un'operazione da svolgere lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio, e di conseguenza la digitalizzazione deve coinvolgere il processo di progettazione, costruzione, gestione e fine vita. Per la validazione nella pratica comune degli strumenti di tracciabilità dei prodotti, restano inoltre sfidanti: l'interazione con gli altri strumenti di progettazione e programmazione, l'integrazione con gli strumenti di certificazione ambientale e la formazione degli operatori della filiera delle costruzioni.

References

- Adams, K. T., Osmani, M., Thorpe, T. and Thornback, J. (2017), "Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers", *Proceedings Civil Engineers: Waste and Resource Management*, vol 170, pp. 15-24.
- Antonini, E. (2001), *Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile: il progetto VAMP e altre esperienze di valorizzazione dei residui*, Franco Angeli, Milano, IT.

- Baiani, S. and Altamura, P. (2018), "Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura: progetto e sperimentazione", *Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol 16, pp. 142-151.
- Campioli, A., Dalla Valle, A., Ganassali, S. and Giorgi, S. (2018), "Progettare il ciclo di vita della materia: nuove tendenze in prospettiva ambientale", *Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol 16, pp. 86-95.
- Debacker, W. and Manshoven, S. (2016), Key barriers and opportunities for Materials Passports and Reversible Building Design in the current system, BAMB Report D1.
- EPEA and SundaHus (2017), Framework for materials passports, BAMB report.
- Giorgi, S., Lavagna, M. and Campioli, A. (2019), "Circolare e sostenibile: verso l'ottimizzazione dei flussi materici nei processi di riqualificazione edilizia in Italia", *Ingegneria dell'Ambiente*, vol 6/2, pp. 151-163.
- Lavagna, M. (2008), *Life cycle assessment in edilizia: progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano: U. Hoepli.
- Luscueri, L. M. (2017), "Materials Passports: Optimising value recovery from materials", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, vol 170, pp. 25-28.
- Rau, T. and Oberhuber, S. (2016), *Material Matters L'importanza della materia. Un'alternativa al sovrasfruttamento*, Edizioni Ambiente, Milano, IT.

MULTIMATERIAL-BASED DESIGN: FRAMING AN INNOVATIVE ECOLOGICAL APPROACH TO CREATIVITY

Marta D'Alessandro¹, Laila Oliveira Santana², Ingrid Paoletti³, Denise Monaco dos Santos⁴

Abstract

The issue of design and creation processes is an essential problem of Architecture, and it requires new theoretical and systemic constructs to understand the contingent ecological framework. Never before, have design and production had to deal with the discard of human technology's metabolism. This paper presents a speculative approach termed non-design, in its relation to multimaterial-based practices. This paper problematizes the object-centered model of thought in material culture studies, bringing the material protagonism; it aims to embody ecological emergencies in the current digital creative process, through a material design awareness.

Keywords: Non-design approach, Multimaterial-based practices, Digital thinking, Digital culture, Material culture

¹ Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano, marta.dalessandro@polimi.it

² Department of Architecture and Urbanism, Federal University of Viçosa (Brazil), laila.santana@ufv.br

³ Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano, ingrid.paoletti@polimi.it

⁴ Department of Architecture and Urbanism, Federal University of Viçosa (Brazil), denise.monaco@ufv.br

Introduction

Contemporary scenario of climate change and scarcity of resources has completely changed materials significance and meaning; inert materials are no longer considered the primary wellspring of creativity. Today's biggest advances in science and technology has been driven by the possibility to digitally compute the world around us, hoping to better control it. The development of digital design and manufacturing processes associated with the field of architecture in the last ten years indicates a possible change in the agenda that has begun to be outlined since the 1990s. Since then, it has been increasing and challenging the design practices.

How design, the primary tool for architects, can embed a different perspective of this complex environment and how can we engage materiality in this task? This paper will argue that a *non-design approach* and *multimaterial based practice* can give some interesting path for the near future.

Discard design: non-design approach to material

Exploration on design and creation process and methodology has a long tradition. Researchers have been actively working in this field, extending its domain with findings, models and procedures from other disciplines, such as system theory, cybernetics, biology, economic science and humanities. The aim of these studies is generally providing new theoretical and systemic constructs to understand how designers can act in the contemporary scenario and enable an appropriate, controlled and verifiable procedure to obtain resilient solutions (Pahl et al. 2007). However, any interpretation of the contemporary scenario is extremely partial and ambiguous: design has to deal with a contingent context, where processes are not necessarily progressing in established directions.

The *digital turn*, as defined by Carpo (2017) is one of these processes, as it has been representing a turn not only in computational terms: it seeks to encompass developments in the economic and social spheres. Besides, it includes, among others, reflections on the manipulation of the physical properties and characteristics of materials, the production chains, and their

environmental impacts. Materials domain in the design process has been increasingly stretched during the last decades. Many terms are often interchangeably used to refer to new materic experiences, such as responsive, intelligent, resilient, smart, advanced, interactive, and informed. On one hand, research in design has been focusing on increasing the efficiency of the production design system in relation to materials by, for example, eliminating waste. On the other hand, rapid turns in the current ecological scenario deeply affect design practice that, deprived of its anthropocentric matrix, sees the emergence of a new centrality: the *discard*, the product of human technological metabolism.

Discard centrality constitutes, in a certain sense, a paradox as *design* entails focusing on something, compared to which everything is *discard*. The term *discard*, deliberately not *waste*, includes the categories of what is systematically left out from the design object. When *discard* becomes the focus of design activities, automatically it stops being *discard*, contradicting its centrality. Thus probably, dealing with *discard* designers should do something different from design, applying a *non-design* approach indeed.

In this paper, the concept of *non-design* is used to gather a new design approach dealing with a re-conceptualization of material, within a different span of time and space. While the design approach is subordinated to the possession of raw materials and tools specifically designed for that purpose, *non-design* implies that there is a *discard* material «flooding of memory and desires, refractory to form» (Leoni, 2015, p.140). The *non-design* approach is the inflection point of a function that condenses tools, methods and design mechanisms gathering under the same frame design experiences, some of which are already consolidated (e.g. ecologic design), others are emerging (e.g. post-human design). These design explorations on radical making methodology, using materials that hardly fit into traditional categories, characterize the research of academic and non-academic groups, working at the intersection of disciplines, such as design, digital fabrication, material science, biology, just to name a few. On a theoretical level, a *discard* design approach is sketched out by Timothy Morton, which defines the *hyperobjects*, entities «that are massively distributed in time

and space relative to humans» (Morton, 2013, p.1). Thus, the environment is depicted as a compilation of immense objects, such as the polystyrene cups, that will still be around over time-space dimensions too large for humans to be perceived (*ibidem*). Such context puts unbearable strains on our normal ways of design thinking. *Hyper-objects* concept can be extended to a *hyper-material* definition: design materials where different space-time scales coexist. The first dimension is the inert matter, the substratum, that designer controls and shapes. The other dimensions are the remains of matter, that autonomously play and interfere with the final design. When the substratum questions the *remains*, and these start conversing and integrating each other, the *non-design approach* is enriched with a *multimaterial* perspective.

Current material-based design and a materials-centered perspective

The digital design in architecture can be well-demarcated, as it implies the intrinsic relationship between the design and the use of a specific set of tools. Different researchers have endeavored to build the theoretical-conceptual bases to characterize this field, which is constantly updated given its link with digital technologies – of the design itself and the manufacturing (Carpo, 2017). These bases seek to define a highly informed design mainly from its possible cognitive singularities associated with the use of different levels of computability. Analog design is revisited, established as a paradigm from which convergences and divergences are outlined. The different generative processes associated with variable levels of simulation and optimization are also examined, as well as the possibilities of computer-numerically-controlled fabricate methods. In this context, it is of a particular interest the intrinsic relations between materials science, computational design and digital fabrication, primarily called material-based design (Oxman, 2012). This terminology would characterize design processes whose tectonics is computationally “informed” through data about the material, structure and production processes; it emphasizes the logic of the structure in its interaction with the material, defined in the early stages of the project development. According to Oxman (2012), the conventional order of the tectonic constitution of architecture has been changed in the design processes of the sequential model from “form-structure-material” to “material-structure-form”. This paradigm assumes to strengthen the explicit flow of computational information between material properties, structure and form.

The term multimaterial-based design used in this paper is aligned with the characteristics presented above, however, it is also associated with the transformation of materials science that makes new materials, experimenting with its limits, modifications and blends. According to Bechthold and Weaver (2017, p.1), the combination of this trend with «the advent of technologies such as digital fabrication, robotics and 3D printing have not only accelerated the development of new construction solutions, but have also led to a renewed interest in materials as a catalyst for novel architectural design». The authors emphasize this link «in which architects, engineers and materials scientists work as partners in the conception of new materials systems and their applications» (p. 1), calling this research field ‘materials-based design’. Meanwhile, we prefer to use multimaterial especially to further highlight the complexity range of materials. Not merely raw materials – natural or synthetic –, but the mix of materials

or substances, engaging different processes of production, and which in turn are also itself products, including the ‘discarded’ materials seen above.

The recent theoretical and conceptual systematizations developed in digital design, even those centered on materials, always bring materials in the foreground as the primary units of architectural objects. Recent discussions theoretical indicate two current paradigms for digital design – “continuity” and “discrete”, strongly centered on a supposed difference between production processes, having as their focus final objects. Although both can support, for example, modeling with materials whose properties are not homogeneous and isotropic, the argumentative appeal is in the ways in which the current architecture can deal with automation. The part-to-whole relations can be continuous or discrete from the ‘point of view of the final object: “continuity”, for example, opposes production patterns on assembly and a tectonic of independent parts or elements. “Discrete”, in turn, questions the hegemony of AM (additive manufacturing) as a technique for a seamless bulk manufacturing in favor of a robotic-assisted assembly. Thus, both explore the possibilities of mass customization opened up by digital fabrication, but ultimately, would differ only in relation to the scale of making final elements. Continuity and discreteness coexist. Lastly, “continuity” and “discrete” paradigms debate seem to fit comfortably in the perspective of material-based design, while seems not to have implications concerning multimaterial-based design, materials are seen as agents whose actions and effects are neutral.

A few material culture studies can help designers break with their conceptions and practices that deal with materials in a unidirectional perspective. The way Ingold (2012), for example, contrasts objects and materials seems essential. On the one hand, the author considers the first as complete forms, finished artifacts – *fait accompli*, which change phases over time, with the use or consumption. On the other, the materials: «matter considered in respect of its occurrence in processes of flow and transformation» (Ingold, 2012, p. 439). Ingold highlights the material as a dynamic entity, as a “matter-flow” involved in becoming processes, that has no inert attributes. The proposal opposing “object-centered” and “materials-centered” perspectives help us to further mark discard and “non-design” scope. It is true that our purpose is to pay attention to the urgency of expanding object-centered design that still sees waste and recycling as just a formal commitment within ecodesign, and to go towards «to think *from* materials, not *about* them» (Ingold, 2012). In this sense, to think discard like non-design, like the broad materials-centered design. The perspective multimaterial design, can even involve material-by-design, spanning embedding ecological issues inside the digital process, bringing these closer to the “ecology of materials” proposed by Ingold, or even the “material ecology” field suggested by Neri Oxman (2019).

Multimaterial-based design: challenges and prospects

Multimaterial concept follows the *non-design* ecological essence: structure is not only created by designers, imposed to matter, but also, inversely, matter, in its microarchitecture, gives designers settings to follow and tunable possibilities from its hidden dimensions. This concept can be synthesized as a blend between *form finding* and *material finding*, a search that brings nature into the main topic of debate. Furthermore, it covers possibilities of material/design composition – pieces, continuity,

1 About this discussion see Leach, N. (2019), “There Is No Such Thing as a Digital Building: A Critique of the Discrete”, *Architectural Design*, vol. 89(2), pp. 136-41.

uniform composites, and non-uniform composites – but more than that, a way of design thinking.

In this sense, it embraces the idea of the non-uniformity, i. e. heterogeneous composites, as a design opportunity. It opens a myriad of design possibilities, although these usually require intricate and complex design systems and processes. If we have, on the positive side, *functionally graded materials* (FGM) as answers for design questions, on the negative side, the discard of these materials is still a complex task, as it is for uniform composites. Exception mention must be made for biocomposites that are ecologically conceived. Beyond that, protocols and rules for composites discharge are established around the globe; however, not always are they consistently evaluated or applied. This reality urges designers to take the responsibility over the process of material understanding and manipulation, which entangles all spheres of the design plan from the beginning.

Usually, the discard protocols are grounded in experiments, data, and simulations. The ideal perspective, not only from a design point of view, is to build a deep understanding of the interactions of the materials based on robust databases. In this sense, opportunities to embrace digital technologies and align them with new design reflections are vast but still face significant challenges, especially in the bridge between computational modeling and experimental tests (Mosavi et al., 2018). The most complex spheres are those related to material innovation, for most studies require physical experiments. Although desirable, these experiments and processes are often costly, and sometimes may not achieve the initially intended design goal (Mosavi et al., 2018). To reach answers to similar questions, some techniques based on screening and manipulation of large databases have emerged and are evolving in a rapid manner. These represent a prospect of what possibly will come for the next decades in the material-design field.

It is important to highlight a least expected, but not a less important prospect related to climate change. Periods of extreme heat around the globe will significantly affect building materials performance as *heat* is the main chemical reaction accelerator: «[...] these circumstances will accelerate decay in porous stone, concrete and rendering materials. [...] Building and material decisions thus need to take into account climate scenarios for any particular region» (Berge, 2009, p.12-13). This scenario carries a new attention on materials performance related to durability and decay rhythm. The material degradation is a reality as it is the existence of thousands of landfills around the world. Following this sense, Martínez-Barrera et al. (2016) highlight some basic strategies for a non-discard design approach that covers durability as a premise; it is: an increased reliability on waste and recycled materials, with the substitution of recycled for virgin materials; improved durability through reduction of materials needed for replacement; and improved mechanical properties to reduce the use of raw materials. These improvements are strategies to be incorporated in everyday practice of the designers.

According to Bayer et al. (2009, p. 63), «rather than being static or inert, building materials release their constituent chemicals into the indoor environment, and at other parts of their life cycle, into workplaces, ecosystems, water sources, and food chains». In this sense, discard is not just a sub-product generated

after building expiration date, it is a dynamic component, released along life cycle. This dynamic kind of thinking is of great importance for a consciousness material design choice. All building materials have environmental impacts, there is no a thing like an inert architecture: «the challenge is to make more intentional and thoughtful materials choices based on an understanding of what types of impacts there are, where they occur in the life cycle, how severe they are, and how they compare with the impacts of alternatives» (Bayer et al., 2009, p. 36).

In the sphere of experiences, we can bring the Neri Oxman ‘material ecology’ that governs relationships between the natural and the artificial, between the physical, the biological, and the digital. The development of Hybrid Living Material² technology is an example of work in this direction. It is a 3D printing :manufacturing platform that uses living matter as part of the printing process. The microorganisms (*E. coli*) synthesized by engineering respond to bio-signals (specific proteins) incorporated in the printed elements.

Moreover new biomaterials are being tested on morphology, density, resistance to traction and flexion, moisture absorption properties as mycelium-based composites, adjusted to different types of substrates (straw, sawdust, and cotton). Appels et al. (2018)³ show that different fabrication processes (non-pressed, cold-pressed and heat-pressed) correspond to differences in the performance of these materials.

Applied research on multimaterial-based design can be illustrated by the work of Salet et al. (2018)⁴ that accomplished a 3D concrete printed multimaterial bridge, composed by prestress steel tendons placed into the core of the printed concrete elements. The structure build was covered by few steps, and the printed bulk was stressed to a level that no additional passive reinforcement was required. This achievement, in spite of its computational apparatuses, is a fair example of a multimaterial-based paradigm that applies the “design by testing” approach.

Finally, it is important to mention that, despite the apparent technocentric bias that rules the multimaterial-based design debate, the considerations here exposed set against an unrealistic *techno-optimism*⁵, given the intricacy of the production chain that also involves *informed materials*, their industrial production and manufacturing.

Final considerations: an innovative ecological approach to creativity

Material agency can lead design, for example, when we think about creating functionally graded materials that follow discard requirements or overcome it by a planned recycle. Certainly, there are limits imposed by the complexity of experiments and simulations in this area, which moves towards the development of techniques based on screening and manipulation of large databases. But still, contradictions and paradoxes surround us. Our non-design approach and multimaterial practices must also incorporate materials “decay” in a new climate scenario. The units – material and object-product seems separated at a first sight, but are deep interconnected.

Today, materials drive practices in architectural design.

2 About this work see Smith, R.S.H., Bader, C., Sharma, S., Kolb, D., Tang, T-C., Hosny, A., Moser, F., Weaver, J.C., Voigt, C.A. and Oxman, N. (2019), “Hybrid Living Materials: Digital Design and Fabrication of 3D Multimaterial Structures with Programmable Biohybrid Surfaces”, *AdvancedFunctionalMaterials*, vol. 30, December 2019, pp.1-14.

3 See Appels, F.V.W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K.M.B., Dijksterhuis, J., Krijghshelda, P. and Wösten, H.A.B. (2018), “Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites”, *Materials & Design*, vol. 161, pp. 64–71.

4 See Salet, T.A.M., Ahmed, Z.Y., Bos, F.P. and Laagland, H.L.M. (2018), “Design of a 3D printed concrete bridge by testing”, *Virtual and Physical Prototyping*, vol. 13(3), pp. 222–236.

5 On this subject see Allwood, J.M. (2018), “Unrealistic techno-optimism is holding back progress on resource efficiency”, *Nature Mater*, vol. 17, pp. 1050–51.

However, it is still far from the “material-by-design” reality of the material sciences. This paper proposes a multimaterial-based design as a practice that strongly brings these two domains together. Starting from a reflection about the discard, a paradox has been detected in its centrality: it seems to be aligned with an “object-centered” domain of thought in material culture studies. The concept of *non-design* is used to gather a new design approach dealing with a re-conceptualization of material, condensing tools, methods and design mechanisms, gathering under the same frame various design experiences, some consolidated, others emerging. Thus, a “materials-centered” thought is considered. In this thought “matter-flow” involves emergent processes: the *non-design* approach is “inert matter” and “the remains of matter” in action, in design. Non-design theoretical construct supports multimaterial-based practices, as both are guided by the challenges imposed by the current scenario of the scarcity of natural resources and adverse environmental impacts, which mobilize creativity.

References

- Bayer, C., Beardsley, E., Geiser, K., Mulvihill, M., Owens, B., Pyke, C., Rosenberg, H., Schwarzman, M., Tickner, J., Todd, J. A. and White, A. (2009), *Better building materials: Understanding human health and environmental attributes*, U. S. Green Building Council (USGBC).
- Bechthold, M. and Weaver, J. C. (2017), “Materials science and architecture”, *Nature Reviews Materials*, vol. 2, pp. 1-20.
- Berge, B. (2009), *The ecology of building materials*, Elsevier - Architectural Press, Amsterdam, NL.
- Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Ingold, T. (2012), “Towards an Ecology of Materials”, *Annual Review of Anthropology*, vol. 41, pp. 427-442.
- Martínez-Barrera, G., González-Rivas, N., Viguera-Santiago, E., Martínez-López, A., Tello-González, J.A. and Menchaca-Campos, C. (2016), “Waste and recycled materials and their impact on the mechanical properties of construction composite materials”, in Poletto, M. (ed.), *Composites from renewable and sustainable materials*, IntechOpen, Rijeka, HR, pp. 161–76.
- Morton, T. (2013), “Hyperobjects Philosophy and Ecology after the End of the World”. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- Mosavi, A., Rabczuk, T. and Varkonyi-Koczy, A. R. (2018), “Reviewing the novel machine learning tools for materials design”, *Recent Advances in Technology Research and Education*, proceedings of the 16th International Conference on Global Research and Education Inter-Academia, Iasi, September 25-28, 2017, Springer International Publishing, pp. 50–58.
- Oxman, N. (2019), “Neri Oxman on Her Extraordinary Visions for the ‘Biological Age’”, Interviewed by Spencer Bailey, Time Sensitive, Aug. 1, 2019, available at: <https://www.timesensitive.fm/episode/neri-oxman-extraordinary-visions-biological-age/>, (accessed 3 March 2020).
- Oxman, R. (2012), “Informed tectonics in material-based design”, *Design Studies*, vol. 33(5), pp. 427-55.

STRATEGIE DI PROGETTAZIONE TECNOLOGICA PER LA PRODUZIONE CUSTOMIZZATA DI COMPONENTI IN UHPFRC

Jenine Principe¹, Giovanni Nocerino²

Abstract

La presente trattazione propone l'applicazione di un approccio metodologico che, a partire dai concetti di *product family architecture* e di *serie digitale*, punta all'ottimizzazione progettuale e produttiva di elementi tecnici in UHPFRC, sfruttando le potenzialità della progettazione computazionale per costruire un archivio di soluzioni tecniche e progettuali declinabili caso per caso.

Keywords: UHPFRC, Mass-customization, Digitalizzazione, Progettazione computazionale

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, jenineprincipe@gmail.com.

² DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, giovanni.nocerino@unina.it

Produzione customizzata e calcestruzzi: verso la digitalizzazione della tradizione produttiva

Negli ultimi vent'anni il settore produttivo ha subito notevoli e rapidi cambiamenti: l'impatto della rete, l'automazione e la digitalizzazione dei processi progettuali e di produzione, i sistemi *design-to-fabrication*, la possibilità di analizzare e gestire grandi quantità di *data* hanno costretto moltissime aziende a rivedere tanto i sistemi di produzione quanto il proprio posizionamento sul mercato. Persino il settore edile, da sempre tra i più restii ad accogliere le innovazioni, sembra oramai indirizzato verso i modelli di Industria 4.0. Tuttavia, in tale ambito, l'industria del calcestruzzo si trova ancora in una fase di transizione tra Terza e Quarta rivoluzione industriale, sebbene siano in molti a ritenere che tale materiale sia oramai «entrato in uno straordinario nuovo ciclo di vita» (Cohen and Moller, 2006).

L'avvento della nanoscienza, ovvero la possibilità di modificare le caratteristiche – e quindi le prestazioni – dei materiali a livello molecolare, ha visto la diffusione di nuove tipologie di calcestruzzi, tra i quali l'Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC) si distingue per la grande resistenza a compressione e, grazie al rinforzo discontinuo sotto forma di fibre, anche per una buona resistenza a trazione. I calcestruzzi innovativi però, devono fare i conti con un panorama industriale travolto da rapidi cambiamenti tecnologici e con una radicale trasformazione della domanda, che richiede componenti architettoniche dal sempre più elevato grado di customizzazione (Fig. 1).



Fig. 1

Le aziende di prefabbricazione, infatti, sono quasi sempre “almost” *thin industries*, dove prodotti e transazioni sono speci-

fici per ogni cliente (Lampel and Mintzberg, 1996). Nonostante ciò, la pura customizzazione resta ancora un obiettivo irraggiungibile, anche a causa dei vincoli imposti alla linea produttiva dalla tradizione costruttiva: a dispetto della recente diffusione del *concrete printing*, i processi produttivi per colatura sono ancora i più utilizzati, poiché offrono un maggiore livello prestazionale. Tuttavia, nel caso delle componenti architettoniche, in cui di frequente si richiedono molteplici pezzi unici, l'applicazione di tali tecniche si traduce spesso nella realizzazione di uno stampo per ogni elemento, con un aumento della complessità intrinseca dell'intera produzione.

Dunque, l'esigenza di personalizzazione si scontra con un mancato adeguamento delle strutture produttive che richiederebbero, invece, l'applicazione di apposite strategie considerate abilitanti della pura customizzazione. Tra queste rientra la modularizzazione che, partendo dalla progettazione di prodotti a struttura modulare e consentendo l'interscambiabilità e la ri-usabilità dei moduli in prodotti analoghi, garantisce un'elevata flessibilità di produzione.

La condivisione di parti funzionali, moduli e tecnologie tra diversi prodotti li rende parte della cosiddetta piattaforma dei prodotti, ovvero un insieme di sub-sistemi e interfacce sviluppati per formare una struttura comune all'intera linea produttiva, da cui è possibile ottenere diverse variabili (Jiao and Tseng, 1999). Su questa logica si basa la *product family architecture* (PFA) (Tang and Zhang, 2017), che prevede la progettazione e la produzione di diversi prodotti a partire dalla stessa struttura base – la stessa piattaforma – con l'obiettivo di soddisfare i bisogni dei consumatori in varie nicchie di mercato.

La PFA si articola attorno a tre diversi aspetti, funzionale, tecnico e fisico: mentre il primo racchiude l'analisi del prodotto, ovvero l'individuazione dei requisiti funzionali che lo definiscono, il secondo aspetto riguarda l'applicazione della tecnologia adoperata per la soluzione progettuale, esplicitando la relazione tra requisiti e prestazioni. L'aspetto fisico, infine, rappresenta la realizzazione vera e propria del prodotto ed è correlata al sistema produttivo aziendale.

In questo caso, si è deciso di applicare la PFA a partire dal ben noto concetto di sistema edilizio che, operando su una sistematizzazione dei bisogni mediante una loro trasformazione in requisiti prestazionali, consente di intervenire sull'aspetto fisico della PFA, focalizzando l'attenzione sull'ottimizzazione geometrica, prestazionale, produttiva etc. della componente architettonica in esame (Fig. 2).

Dunque, mentre l'aspetto funzionale ha individuato le principali classi di elementi tecnici interessate dalla presenza di UHPFRC e i loro requisiti, l'aspetto tecnico ha portato alla ri-



Fig. 2

duzione di ciascuna classe in moduli, assimilabili o ai singoli elementi tecnici o a loro componenti minori.

In sostanza, in seguito a una classificazione degli elementi tecnici ricorrenti in UHPFRC sulla base di un set di proprietà significative – materiche, geometriche, di relazione –, si andrà a costituire un archivio di soluzioni tecniche e progettuali collocabili in specifiche serie digitali (genotipi) declinabili caso per caso (fenotipi).

L'obiettivo finale è quello di strutturare un *workflow* digitale in grado di fornire un metodo per la gestione di prodotti che, a dispetto dell'elevato livello di customizzazione richiesto, vengono realizzati con tecniche produttive fondamentalmente ancora tradizionali.

A ciò si aggiunge una generale esigenza di ottimizzazione dei tempi e dei costi di produzione – elevati sia a causa del materiale che degli stampi – e di riduzione degli impatti ambientali e della materia impiegata.

Pensiero computazionale e serie digitali

Il concetto di serie digitale è frutto di una delle trasformazioni introdotte dalla modellazione virtuale, ovvero la rinnovata relazione con le informazioni: mentre con i mezzi analogici un oggetto era reso mediante una serie finita di rappresentazioni parziali – in genere le proiezioni ortogonali –, nella rappresentazione digitale l'oggetto tridimensionale può produrre infinite rappresentazioni, e dunque riproduzioni fisiche, di se stesso. L'architetto o il designer, quindi, deve imparare a rapportarsi con un nuovo tipo di astrazione, ancora differente nel caso del design parametrico (Ortega, 2017): qui l'astrazione si avvale di un'unità minima binaria in grado di consentire il trasferimento di informazioni, che nelle loro infinite configurazioni possono produrre variazioni attorno a una struttura comune – ancora un genotipo – che Gilles Deleuze ha definito *objectile* (Deleuze, 1993). Sebbene l'*objectile* venga fuori dal concetto deleuziano di molteplicità, esso «non definisce una combinazione del molteplice e del singolo, ma un'organizzazione appartenente al primo, che non ha bisogno di una qualsivoglia unità per formare un sistema» (Deleuze, 1997). In altre parole, una specie – o una serie – di oggetti è definibile grazie al processo morfogenetico – fondamentalmente dinamico – che l'ha generata e non semplicemente – e staticamente – dalle sue caratteristiche identitarie.

Applicando tali concetti all'interno del customizzato mercato architettonico, è possibile individuare un genoma comune a molti

degli elementi unici che lo caratterizzano: grazie all'individuazione del nucleo centrale del prodotto e delle regole – o meglio dei parametri di variazione – che lo definiscono –, l'oggetto diventa *objectile*, consentendone tanto l'ottimizzazione quanto l'inserimento all'interno di una specifica serie digitale.

Il problema, dunque, si sposta sulla definizione delle serie digitali, ovvero dei genomi che definiscono gli elementi tecnici analizzati. Per far ciò occorre strutturare un sistema di catalogazione di quest'ultimi basato, da un lato, sulla loro rispondenza alle prestazioni specificate in seguito all'analisi degli aspetti funzionali e tecnici mutuati dalla PFA e, dall'altro, sulle proprietà materiche, geometriche e di relazione poste al centro dell'ottimizzazione svolta nell'ambito dell'aspetto fisico. Alle serie digitali saranno infine applicati specifici algoritmi di ottimizzazione.

Progettazione tecnologica per l'ottimizzazione produttiva di un elemento di facciata in UHPFRC

Nel *design workflow* illustrato in Fig. 3, si nota che sia l'analisi degli attributi materici, cioè legati alle *performance*¹ del materiale in senso stretto, che l'analisi dei vincoli produttivi, si considerano parte di una fase di strutturazione della conoscenza antecedente a quella progettuale.

La definizione dei vincoli legati alla produzione, in particolare, parte dall'analisi del processo di fabbricazione delle componenti, idealmente suddivisibile in cinque momenti differenti: realizzazione dello stampo, getto, scassero, finitura e stagionatura. Ognuna di queste fasi richiede durante la progettazione alcuni accorgimenti fondamentali che determinano, nella maggior parte dei casi, una modifica dell'elemento prodotto, divenendo così vincoli produttivi.

Fatte queste considerazioni, è possibile passare alla fase di

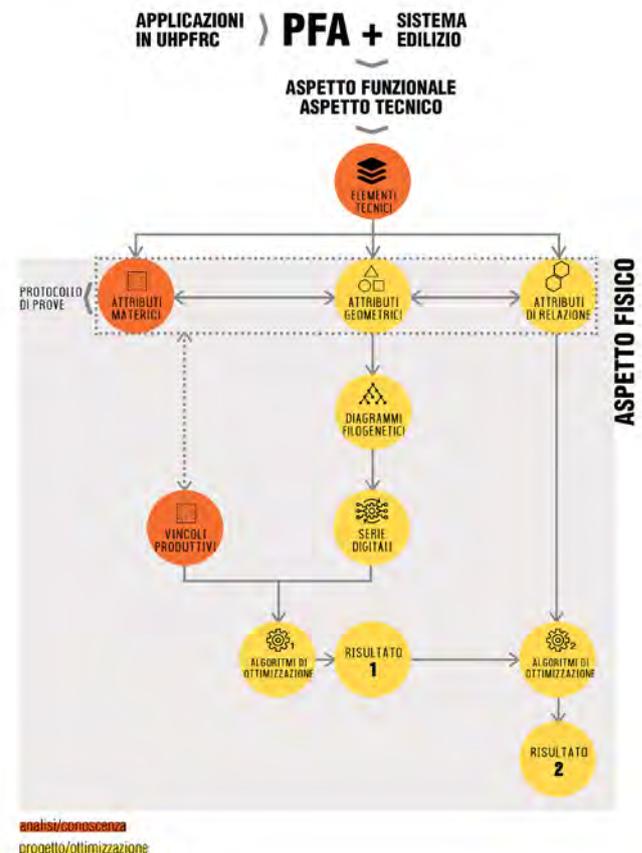


Fig. 3

¹ Si fa riferimento alle performance meccaniche e di durabilità del materiale, alla sua compatibilità con le tecniche produttive e il suo comportamento in particolari condizioni ambientali.

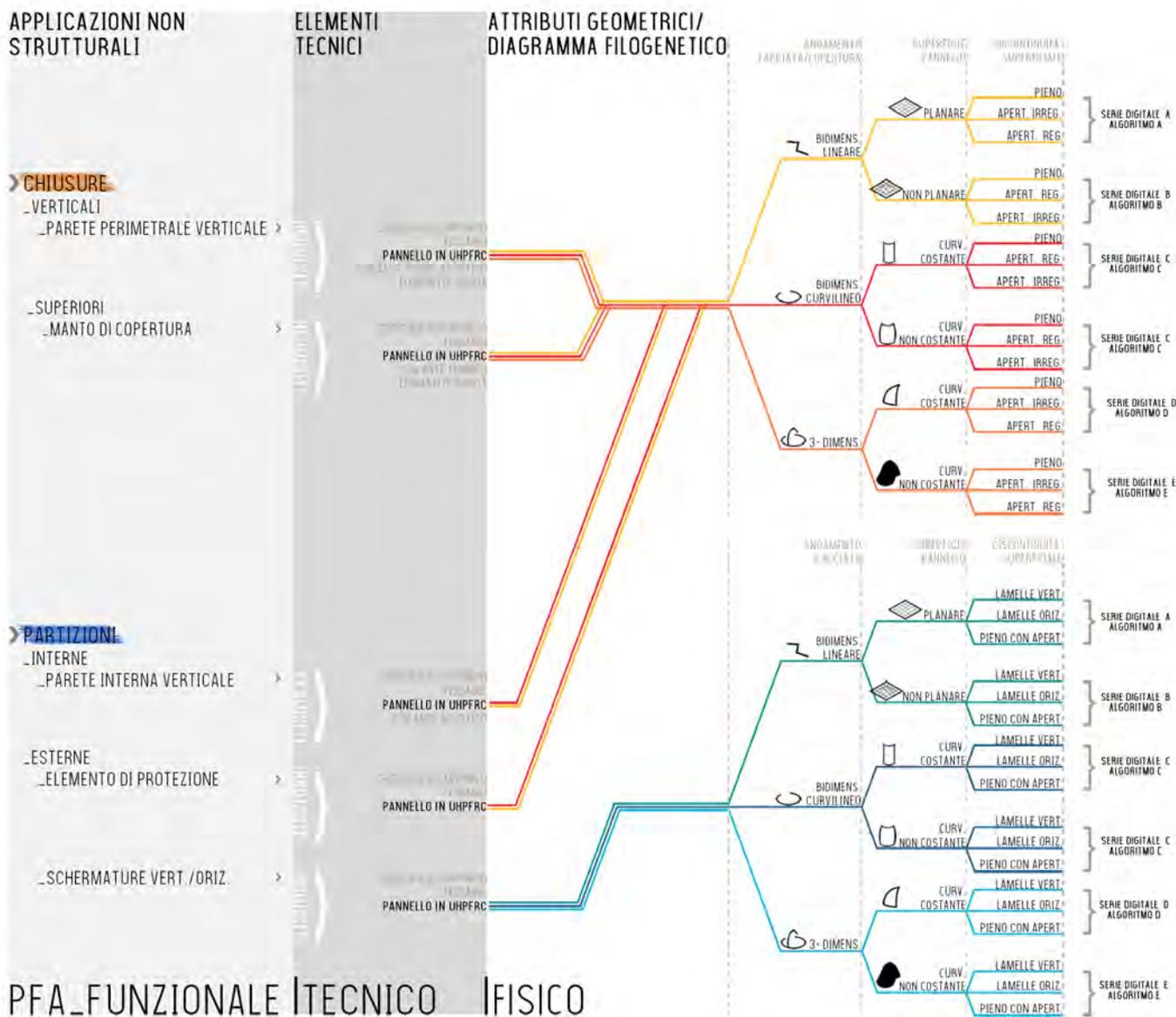


Fig. 4

progettazione/ottimizzazione vera e propria che necessita, come anticipato, di una classificazione degli elementi tecnici, per poterli collocare nella serie digitale di riferimento. Tale classificazione è effettuata sulla base dei loro attributi geometrici e con l’ausilio dei diagrammi filogenetici.

I diagrammi o alberi filogenetici sono generalmente usati in biologia per mostrare i rapporti evolutivi tra le diverse specie (Fabbri, 2020): ciascun ramo del diagramma è basato sulle differenze tra le caratteristiche fisiche o genetiche dei membri della specie analizzata. Gli alberi filogenetici sono impiegati anche in architettura: lo studio FOA, fondato da Farshid Moussavi e Alejandro Zaera Polo (Zaera and Moussavi, 2003) ad esempio, li usa per la classificazione dei propri progetti sulla base del principio di *form-defining* che ne ha determinato l’aspetto.

In questa sede, si è deciso sfruttare il potenziale di razionalizzazione degli alberi filogenetici: per ciascun elemento tecnico in UHPFRC è stato redatto, sulla base dei suoi attributi geometrici, un diagramma di cui l’ultima ramificazione definisce la serie digitale ricercata e il relativo algoritmo (Fig. 4).

La lettura dell’albero procede da sinistra verso destra e, man mano che si avvanza, le ramificazioni indicano caratteristiche via via più specifiche: si prenda, ad esempio, il caso di un pannello in UHPFRC per facciate. L’albero filogenetico è costituito da tre ramificazioni: la prima rappresenta l’andamento (lineare, curvi-

lineo o tridimensionale) – della facciata dell’edificio da realizzare; la seconda la superficie del pannello (planare o non planare per un andamento lineare e a curvatura costante o non costante per uno curvilineo o tridimensionale); infine, la terza riguarda il trattamento superficiale del pannello, indicando la presenza o meno di aperture (regolari o irregolari).

L’albero così definito è in realtà applicabile *in toto* anche per i pannelli di copertura e in parte per i rivestimenti delle pareti interne verticali e per gli elementi di protezione, includendo anche le schermature, il cui albero differisce solo nell’ultima parte.

Le 5 serie digitali così definite, intersecate con i vincoli legati alla produzione, forniscono i dati necessari a costruire un primo algoritmo di ottimizzazione. Dal momento in cui la tecnica produttiva di riferimento è la colatura, l’ottimizzazione dell’elemento tecnico è interamente finalizzata alla semplificazione dello stampo – ovvero della geometria dell’elemento – e alla riduzione del numero di casseforme da impiegare. Gli elementi risultanti dalla prima ottimizzazione, vengono poi analizzati sulla base dei loro attributi di relazione, ovvero rispetto al sistema delle connessioni (Fig. 3).

Al fine di verificare l’efficacia del *workflow* descritto, si è esaminato l’edificio The Gallery (Limisso, Cipro), realizzato da Eraclis Papachristou Architects. La scelta del caso studio è dettata dalle caratteristiche morfologiche dell’edificio, la cui fac-

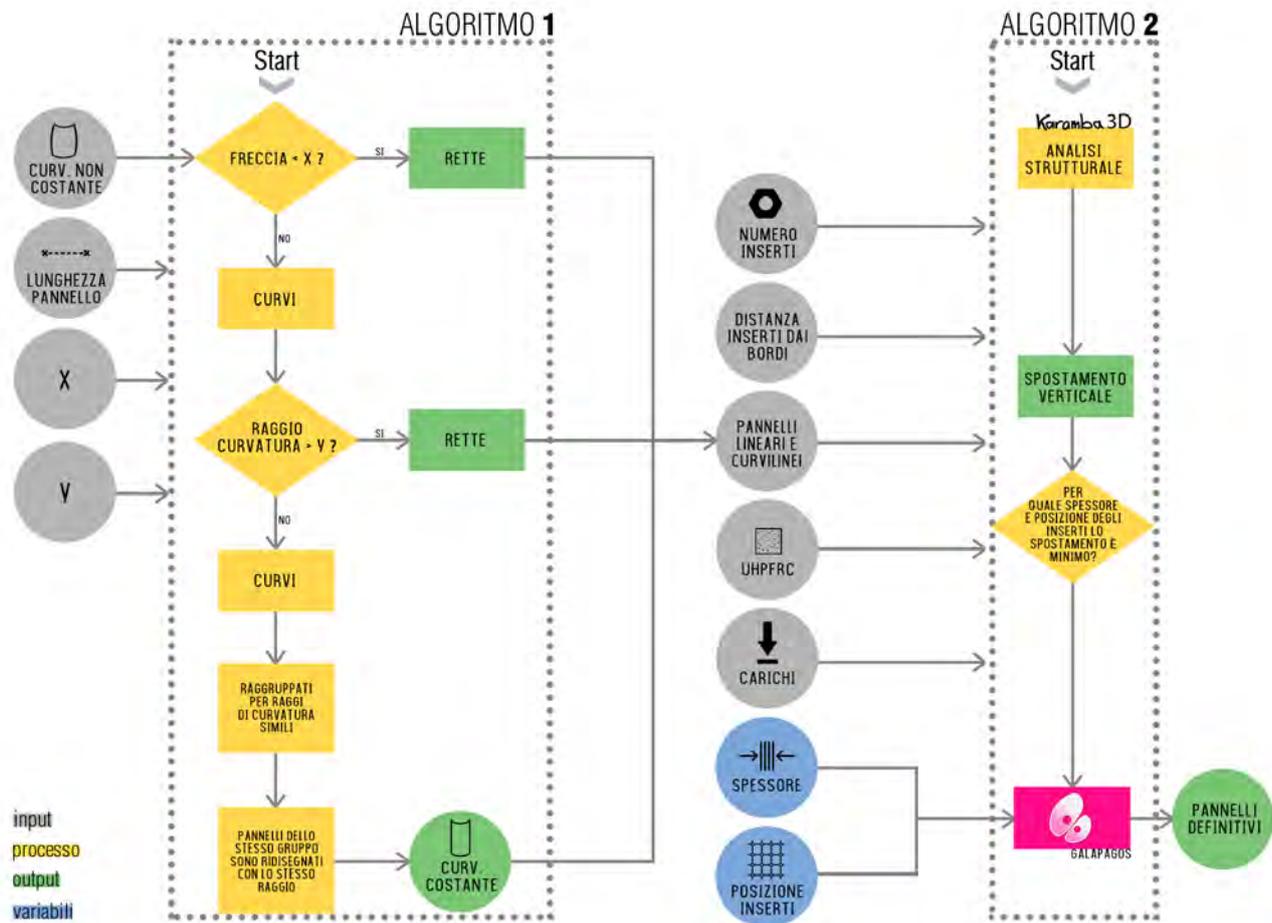


Fig. 5

ciata è composta da pannelli a diversa curvatura in alluminio sia pieni che forati. L'articolazione della facciata costituirebbe un significativo ostacolo all'utilizzo dell'UHPFRC, in quanto la realizzazione di pannelli a diversa curvatura non sarebbe economicamente sostenibile nella maggior parte dei casi. L'obiettivo, quindi, è dimostrare come un'accurata progettazione degli elementi tecnici possa rendere l'UHPFRC competitivo in tali applicazioni salvaguardando, al contempo, le originali intenzioni dei progettisti.

Si è dunque immaginato di sostituire ai pannelli esistenti altri curvi in UHPFRC – idealmente collocati nella serie digitale C –, procedendo all'ottimizzazione delle curvature attraverso un algoritmo programmato all'interno della piattaforma di Visual Programming Language (VPL) Grasshopper, legata al *software* per la modellazione 3D Rhinoceros di McNeel Associates.

L'algoritmo parte dalla definizione della larghezza del pannello curvo (Fig. 5), qui fissata a 1 metro in accordo con quanto previsto dal progetto originario. Tale prima suddivisione ha rivelato la presenza di 28 elementi differenti, caratterizzati da altrettante curvature. È bene sottolineare che nei sistemi produttivi per colatura è sempre conveniente provare ad approssimare gli elementi curvi a elementi planari, in modo da ridurre il numero e la complessità degli stampi da utilizzare e, di conseguenza, i costi.

Tale approssimazione – o meglio, ottimizzazione – è stata effettuata sulla base di due criteri, di cui uno di carattere geometrico e l'altro più legato ai vincoli produttivi. Nel primo caso, si è dunque stabilito che ciascun elemento la cui freccia² risultasse inferiore a 1 cm, valore comunemente adoperato nella pratica aziendale, sarebbe stato approssimato a un elemento planare.

Nel secondo caso invece, si è scelto di rendere planari tutti i pannelli con un raggio di curvatura superiore ai 12 m, in quanto, per valori superiori, è molto più complesso realizzare lo stampo dal punto di vista tecnico.

Fatto ciò, ben 20 dei 28 pannelli iniziali sono stati trasformati in elementi planari. È stato dunque possibile procedere a un confronto dei pannelli curvi restanti, per poi raggrupparli in maniera tale da accoppiare quelli i cui raggi di curvatura non differissero per più di 80 cm. Gli archi così raggruppati vengono poi ridisegnati adoperando il valore medio dei raggi degli archi appartenenti allo stesso gruppo. In questo modo, tutti i pannelli la cui differenza di curvatura è trascurabile vengono approssimati a un unico pannello e possono quindi essere realizzati con un unico stampo.

Al termine del processo di ottimizzazione, la facciata curva dell'edificio può essere realizzata utilizzando soli 6 stampi diversi.

A questo punto, in seguito all'analisi degli attributi di relazione, è possibile avviare l'ottimizzazione dell'elemento con l'obiettivo di minimizzarne la deformazione. La ricerca della soluzione ottimale questa volta è stata affidata a un algoritmo genetico, sfruttando sia il *solver* evolutivo Galapagos (Rutten, 2010) che Karamba 3D³, *plug-in* di Grasshopper per l'analisi strutturale mediante il metodo degli elementi finiti.

Dopo aver implementato le proprietà di tre diversi UHPFRC con fibre organiche all'interno di Karamba 3D, sono stati impostati i parametri di variazione: spessore del pannello e posizionamento e numero (da un minimo di tre a un massimo di 8) degli inserti, coincidenti con i vincoli del sistema strutturale.

Costruito quindi il modello, si è deciso di ottimizzare adope-

² La freccia è la distanza ortogonale che intercorre dal punto medio dell'arco alla corda a esso sottesa.

³ Il *plug-in* Karamba 3D, sviluppato da Clemens Presinger in collaborazione con Bollinger-Grohmann-Schneider ZT GmbH, è utilizzato per l'analisi di strutture spaziali, telai o shell.

rando Galapagos la sola posizione degli inserti di movimentazione, stabilendone il numero a 4 e minimizzando lo spostamento verticale del pannello. In questo caso le variabili di ottimizzazione, che nella computazione evolutiva prendono il nome di geni, sono quattro: ogni combinazione dei quattro geni determina un particolare *fitness*, la somma dei *fitness* costruisce la popolazione delle soluzioni, ordinate in base alla migliore corrispondenza con il *task* richiesto.

L'ottimizzazione può dunque ritenersi conclusa e, seppur intervenendo solo nelle fasi antecedenti alla produzione vera e propria, è risultata in una significativa riduzione dei costi e dei materiali impiegati.

Conclusioni

L'individuazione all'interno degli elementi tecnici di "pattern ripetuti" ha consentito di avviare processi di ottimizzazione della produzione incentrati unicamente sulla fase progettuale. Ciò è dovuto, da un lato, dalla precisa volontà di abbandonare le vecchie politiche basate su un approccio *end-of-pipe* e, dall'altro, da una considerazione relativa agli attuali sviluppi del settore dei calcestruzzi: dal momento che l'impiego del *concrete printing* non fa alcuna differenza rispetto alla complessità della forma, è oramai chiaro che molti dei costi di produzione si sposteranno verso la fase di progettazione, che diventerà ancora più rilevante nell'efficientamento dei sistemi produttivi.

Tuttavia, è proprio la fase progettuale ad aver subito maggiormente gli impatti della svolta computazionale: il pensiero progettuale infatti, diventando esplicito, obbliga il progettista a interrogarsi non sulla forma in sé, ma sulle sue modalità di generazione, a loro volta influenzate da fattori a essa apparentemente esogeni (vincoli produttivi in testa).

L'esplicazione delle "regole" alla base del processo creativo deve, però, confrontarsi con l'immanente indeterminatezza di quest'ultimo, che sembrerebbe, quindi, generare un'incongruenza con il funzionamento dei sistemi di analisi digitale: infatti, mentre questi lavorano per codici uniformi, il processo creativo fa riferimento a un sistema di regole a sua volta mutevole.

Occorre, dunque, stabilire strutture costitutive instabili – ovvero con parametri variabili – in grado di adattarsi a una ragione critica che non è vincolata a un pensiero fisso, segnando, di conseguenza, l'affermazione di una progettazione *open-ended*, in cui alla soluzione univocamente determinata si sostituisce una moltitudine di opzioni diversificate, in cui le condizioni al contorno, come abbiamo visto, intervengono ricorsivamente nella definizione della soluzione progettuale.

Ne deriva, inoltre, che la moltitudine di soluzioni, dette popolazione, fornite dall'approccio computazionale, escludendo i precedenti storici registrati dal linguaggio formale, causano un'ulteriore e significativa trasformazione: il superamento del-

la tradizionale definizione di tipo architettonico. Infatti, mentre il tipo è definito da principio d'identità storicamente immutato nell'oggetto, la popolazione include tutte le configurazioni possibili dell'oggetto architettonico, facendo sì che questo risulti definito da un nuovo principio di molteplicità (Trummer, 2011).

In conclusione, sono sostanzialmente due le implicazioni fondamentali: il passaggio definitivo a una nozione dinamica del design, inteso con un sistema aperto ed evolutivo che ingloba l'*objectile* di Deleuze, e la netta contrapposizione tra il designer computazionale e l'architetto positivista discendente dal demiurgo lecorbusierano.

Tuttavia, l'architetto nel senso tradizionale del termine non è certamente destinato a sparire, sebbene dovrà evolversi in quello che Lluís Ortega ha definito un *total designer*, ovvero «né l'architetto moderno del controllo, né l'anti-architetto post-moderno, ma un *meta-systematizer* che prioritizza una logica circolare che include i *feedback*, concentrandosi sugli aspetti performativi anziché su quelli descrittivi. Questo nuovo architetto lavora per sistemi aperti, progettando protocolli che formano sistemi relazionali, proponendo forme di negoziazione tra generiche soggettività personali ed evolute soggettività collettive. I nuovi autori operano computazionalmente, anche se non usano i computer per farlo» (Ortega, 2017).

References

- Cohen, J. and Moeller, M. (eds.) (2006), *Liquid Stone. New Architecture in Concrete*, Birkhäuser – Publisher for Architecture, Basel-Berlin-Boston, CH-DE-US.
- Deleuze, G. (1993), *The Fold. Leibniz and the Baroque*, The Athlone Press, London, UK.
- Deleuze, G. (1997), *Difference and Repetition*, The Athlone Press, London, UK.
- Fabbri, R., Principe, J., Gheno, B. and Leone, M. F. (2020), "UHPFRC Folded Pavilion", *Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 14, pp. 10-19.
- Jiao, J. and Tseng, M. M. (1999), "A methodology of developing product family architecture for mass customization", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 10, pp. 3-20.
- Lampel, J. and Mintzberg, H. (1996), "Customizing Customization", *Sloan management review*, vol. 38, pp. 21-30.
- Ortega, L. (2017), *The total designer. Authorship in architecture in the postdigital age*, Actar Publishers, New York-Barcellona.
- Rutten, D. (2010), *Evolutionary Principles applied to Problem Solving using Galapagos*, available at: <https://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles>.
- Tang, M. and Zhang, M. (2017), "Impact of Product Modularity on Mass Customization Capability: An Exploratory Study of Contextual Factors", *International Journal of Information Technology and Decision Making*, vol. 16, pp. 939-959.
- Trummer, P. (2011), "Associative Design. From Type to Population", in Menges, A. and Ahlquist, S. (eds.), *Computational Design Thinking*, John Wiley & Sons, London, UK, pp. 179-197.

Fig. 1 - ECDM architectes, Crèche et logement de fonction rue Pierre Budin, Parigi, 2012. Gli elementi di facciata customizzati sono stati realizzati da Bonna Sabla e da il Cantiere utilizzando l'UHPFRC Ductal®. Fonte: <https://www.ductal.com/en/architecture/custom-facades>

Fig. 2 - Sistema edilizio e product family architecture (PFA) per l'UHPFRC.

Fig. 3 - Workflow di progetto.

Fig. 4 - Applicazione della PFA e diagrammi filogenetici di alcuni elementi tecnici in UHPFRC.

Fig. 5 - Schema complessivo del processo di ottimizzazione applicato.

THE EALAB EXPERIMENTAL PROJECT: OPENING TO DIGITAL/TRADITIONAL CULTURE

Paola Ascione¹

Abstract

The new digital technologies for prediction and control of form and performance often enter the design process directly, risking the development of autonomous processes distant from the architectural objectives. Instead, these new instruments could allow us to open to new developments in the design experience. The Environmental Ceramics for Architecture Laboratory (EALab), of the Liverpool School of Architecture, combines design, research and training, materiality and immateriality, science and art, tradition and digital technologies, all responding to the urgent need for sustainable development.

Keywords: Architectural components, Environmental ceramics, Digital fabrication, Craftwork, Parametric design

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, paola.ascione@unina.it

The risks of solely technological action

In contemporary architecture, the application of new technological solutions is facilitated by the use of computer tools in the design phase, allowing elaboration of shapes, simulation of behaviours and “virtual assessments” of the performance of the real object. The degree of sustainability achieved in the technology of architecture (materials, executive techniques, installations), however, depends on the development of innovations compatible with the environmental context, and the computerisation of the project tends to shift the architect’s action to the virtual context, thereby risking conflicts between the “technological action” and “responsible action”. In the current era, it is thus the development of new ethics of technologies (Fabris, 2012) that opens the way to equally new developments in architectural design, aimed at achieving a renewed balance of the architecture-technology-environment relationship, and giving new life to the design experience.

The more valid approach, in the technological culture of contemporary design, would be to recognise the priority of the “ecological challenge”, without renouncing the “technological challenge”, adopting computer technologies as tools but still privileging the environmental issue. In this way, contemporary design can enter more fully in the complex “technological question” (Maldonado, 1994), exploiting the invaluable opportunities of experimentation represented by the design phase. Instead, the first studies on the introduction of computer technologies, from building information modelling (BIM) to 3D printing, often immediately assumed these tools in support of design and production, without thought of the greater issues. More recent lines of research bring together virtual, real, theoretical and practical aspects of design, demonstrating how technological innovation can trigger innovation, from the ways of designing to the final built architecture. This is the case of EALab (Environmental Ceramics for Architecture Laboratory) a research centre for the design of high-performance building envelope components: an atypical atelier, initiated by an international group of researchers and companies.

A laboratory of tradition and emerging technologies

The aims of EALab, established in 2011 at the Liverpool School of Architecture, are to investigate the potentials of emerging computer technologies in the production of ceramic

components, and ultimately the potentials of clay as a material for environmentally sustainable architecture. EALab, also sponsored by the Association of Spanish Ceramic Tile Manufacturers, networks with the School of Architecture of Harvard University, Darmstadt University, and with a number of universities in both Spain (Alicante, Barcelona, Castellón, Madrid and Valencia) and the UK (Leeds Beckett, Liverpool Hope, Glyndwr). The combination of directors underlying EALab is certainly unique: Rosa Urbano Gutiérrez’s interests centre on the exploration of emergent materials and technologies in sustainable design, environmental and energy management, while Amanda Wanner has long focused on aspects of social responsibility through architecture, relying on collaboration with artists and craftsman as central to these aims. In combining these experiences and aims, EALab has developed a series of research programmes in innovative components for the structural envelope, examining the role of emerging technologies of digital design and fabrication, but also combining the knowledge and practices of the artisanal traditions. The teaching programme is research led, but brings in different knowledge areas and levels of practical operation: high-profile architects, factory directors, engineers, software specialists, ceramic craftworkers and artists. The holistic approach assumes the design phase as a central place of development and growth of communities, and requires constant updating, in line with the rapid evolution of computer technologies. At the same time, the environmental perspective deepens complex issues in the technological culture of the project, in particular the compatibility and interoperability of different softwares and their potential for results in quality of design and final product. The central aim, of improving daylighting and control of solar radiation and its related functions of comfort, serves as the fulcrum for two other main experimental objectives: investigation of the translucent and insulating properties of ceramic materials and their potential configurations in high-performing systems, and finally the development of a design methodology that balances the triple contributions of advanced technologies, artistic creativity and artisanal know-how. According to the founders, EALab «seeks a holistic approach, not only to the subject matter, namely sustainability, ceramics and digital design, but to design that engages the designer (architect), the maker (ceramist), and the analyst (engineer), whereby we contemplate not only the embodied energy, but also the embodied identity» (Gutiérrez and Wanner, 2016). The aim is to reach higher performance levels,

but the process involves changes in production, from the design of the component to the architectural solution, in continuous feedback between real space and the digital environment.

Experimental progression

Since its founding in 2011, the Liverpool group has engaged in a sequence of several research programmes. The first, *Illuminating Through Ceramics*, was open to exploring any possibilities of ceramic light-control systems and building-system components. In the following two years, the *Performative Ceramics Screens* programme turned to a tighter focus on the design of a light-diffusing ceiling capable of filtering and uniformly redistributing daylight, by means of texture and multiple reflection in 3-dimensional tiles. Eighteen tile designs were developed using Rhinoceros and Grasshopper software, each in five iterations, for analysis of form/performance relationships. Through parametric design, the researchers developed varying geometries and surfaces, using 2D ray-tracing to assess their performance in reflection and propagation of light. This process leads to the selection of designs with greater commercial potential, for potential submission to prototyping and then measurement on finished products.

The use of digital optimisation technologies in the design process, such as parameterisation and environmental simulation, is not conducted in isolation, but rather with a view to integrating and improving design processes of “traditional” ceramic building components. Examples would be the integration of mainstream fabrication techniques such as extruding or slab forming with technologies of CNC milling and cutting, or 3D printing, leading to practicable manufacturing solutions. The aim was also to search for potential integrations between advanced technologies and techniques originating in centuries of

craftsmanship, ensuring high quality production that could still retain the sculptural and artistic properties inherently expressed through “hand skill” (Tab. 1).

The ECAlab team therefore identified four approaches to prototyping ceramic components: from the most traditional *hand caressed*, to *hand tooled*, to the already common *robotically tooled*, and finally to *digitally automated 3D printing*. The aim was, by testing to the two more traditional approaches, to identify possible combinations between artisanal practices and technologically advanced procedures, elaborating the qualities of the manually produced component and refining it with the adoption of new production tools, always in search of tangible, economically viable manufacturing and construction solutions.

Case Study	Digital Modelling	Lighting Performance	Fabrication
Tessellating Hexagonal Curtain	AutoCAD/Sketch-Up	Ecotect	Hand Building
Cruciform Helix Surface	Rhinoceros - Grasshopper	Grasshopper - Geco - Ecotect	CNC Milling, Laser Cutting, Extrusion, Extrusion Forming and Hand Throwing
Sinuuous Cone Surface	Rhinoceros - Grasshopper	Grasshopper - DIVA	CNC Milling, 3D Printing, Slip Casting

Tab. 1

Among the key objectives were the optimisation of design and computer processing time prior to manufacturing, and of costs (at that time very high for 3D printers). One quickly emerging observation was that such costs would in part be dependent on the level of interoperability between any software used in support of the design process and that of the environmental performance

256

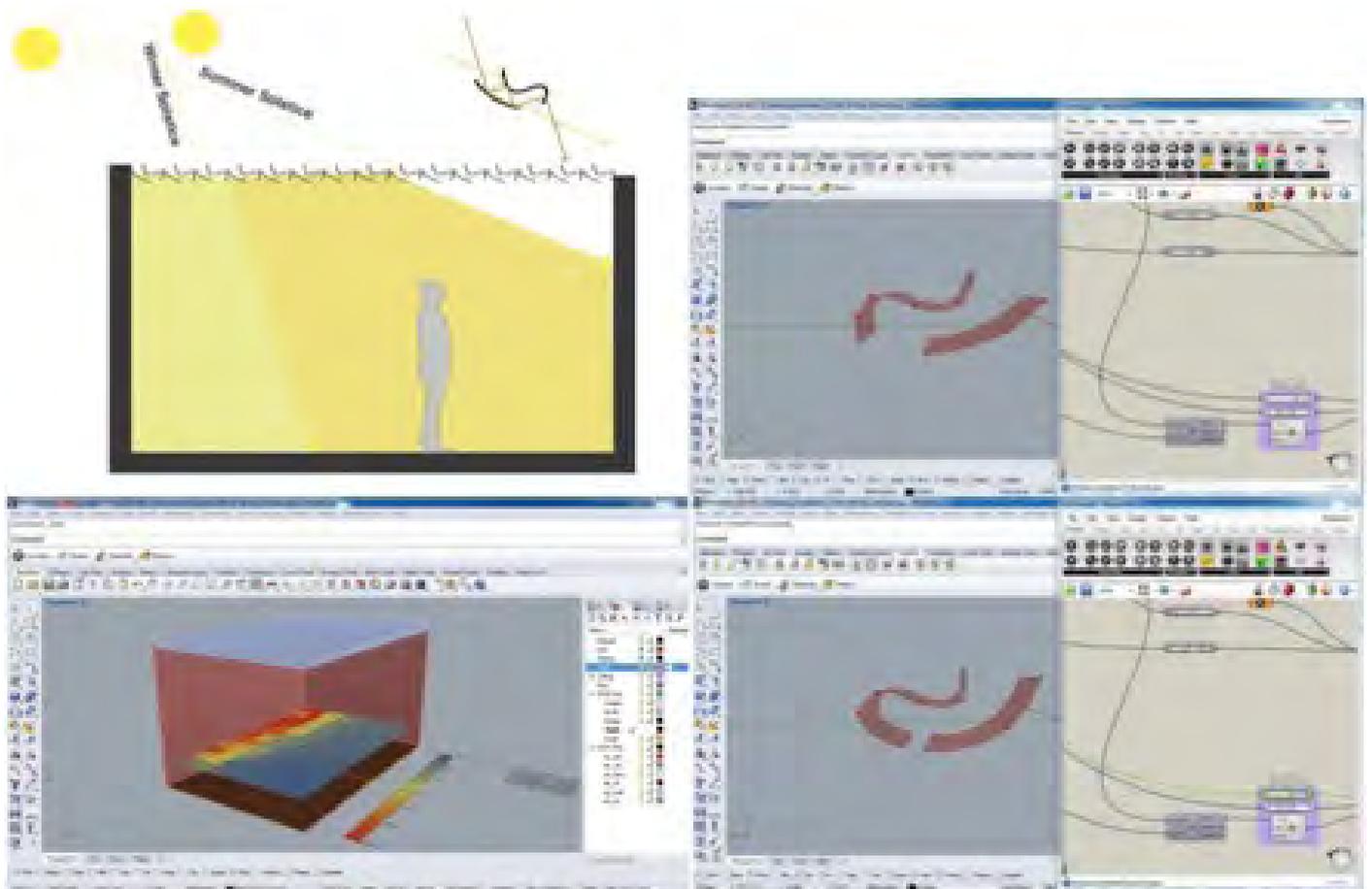


Fig. 1

evaluation (Fig. 1).

The *Tessellating Hexagonal Curtain* case study took an essentially “hand caressed” approach, to the production of 28 planar hexagons which could then be attached to metal bars using revolving fixing, forming a vertical curtain for control of light, by concentrating or distancing the elements in a particular area of glazing. This dynamic system, composed of two-dimensional of simple geometry, did not require parametric modelling, but paradoxically the very absence of parameterization «made feedback from the lighting simulation slower, demanding more time to inform and optimise it» (Gutiérrez and Wanner, 2016).

The *Sinuuous Cone Surface* project instead took the “hand tooled” approach to the fabrication of translucent white pipe-like elements, capable of capturing, reflecting and directing light to optimise its diffusion (Fig. 2, 3). The profiles were developed using the Grasshopper parametric grid, and their daylighting behaviour could then be assessed using DIVA. The 3D model of the conical element was exported for 3D printing, and this print was in turn used to produce a slip-casting mould, using a series of precise and time-tested artisanal processes and intermediate stages. Although the slip-casting production method “is labour intensive and expensive”, it also “allowed an almost perfect translation of the original 3D model”, and «still proved more cost effective and time efficient in comparison to 3D printing in clay» (Gutiérrez and Wanner, 2016).

Parametric design allows to define a basic shape that can be virtually replicated in several alternatives, all verifiable by data analysis. Once the solution has been chosen, further variations can be proposed, according to the creativity of ceramic artists, enriching the design with a range of solutions.

Over the years, the developments in software have allowed the ECAlab team increasing control over the convergence of material, shape and environmental performance. The latest project, called *Interface Soundscapes*, ECAlab’s latest project (Gutiérrez and Wanner, 2014), extends the performance of the component to the realm of sound, inserting microchips and artificial light within the cavities of multiple ceramic “earshells”, assembled as a “sensorial wall”. The translucent porcelain elements developed through laboratory experimentation go beyond aims of daylighting, creating a stimulatory, interactive installation that transports the individuals elsewhere, among known and imagined environments (Fig. 4).

The ECAlab research experience thus began with investigating the digital possibilities for innovating the design process, the ceramic product and final structure, but now extends the experimentation to new fields of investigation. The artistic

installation of the interactive wall is in reality not far from the original research concept, since the environmental performance of the ceramic component still remains central, but now includes a performative aspect. Environmental performance is updated and “amplified” to a contemporary vision of buildings, having a life of their own, returning emotions and sensations that go beyond those of the sphere of the visual, and far beyond solely “climatic” parameters. Through sound, the “building wall” becomes a place of experiential connection, serving as prototype architectural component embodying all the complexity of the contemporary world, and opening new scenarios that push beyond the goals of uniting craftsmanship, digital fabrication and manufacturing.

Time has passed since the founding of the ECAlab project, yet the problems of environmental performance, and opportunities of interoperability, still confront the worlds of architectural design and industry.

Most of the materials and processes of more recent energy-control technologies themselves represent high embodied energy, with negative impacts on the environment, therefore we must continue to also explore and develop our traditional materials, and draw on the knowledge of craft practices for their proper and successful use.

Where craftsman meets computer

Before we proceed with any further technological experimentation, however, some questions arise as to the ultimate goals of architecture. Indeed, the current environmental imperative requires the development of a new design culture, integrating the tangible and intangible. The theorists, researchers and practitioners in the technology of architecture must critically examine the procedures, systems, processes and materials of building, and set the conditions for the advances, transformations and improvements sought through for innovation. In this way we can help chart the course of change through experimentation and the “invention” of buildings in harmony with natural systems.

The ECAlab experience serves as an important example of innovating our ways of thinking about the design of “sustainable” components. The laboratory platform, in the process of prototyping elements for industry, follows a process relying on both material and human resources to develop new ways of creating and making objects that are sustainable (Gutiérrez, 2018). This is perhaps the greatest contribution of ECAlab, serving as a replicable but open-ended model of a research structure, simultaneously operating in higher education,

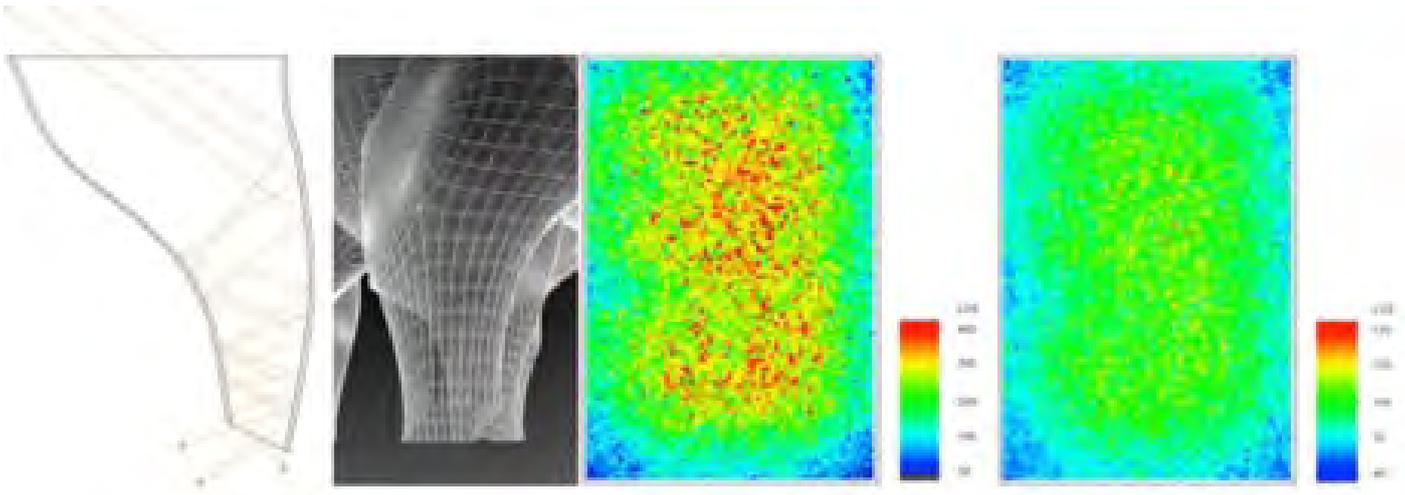


Fig. 2

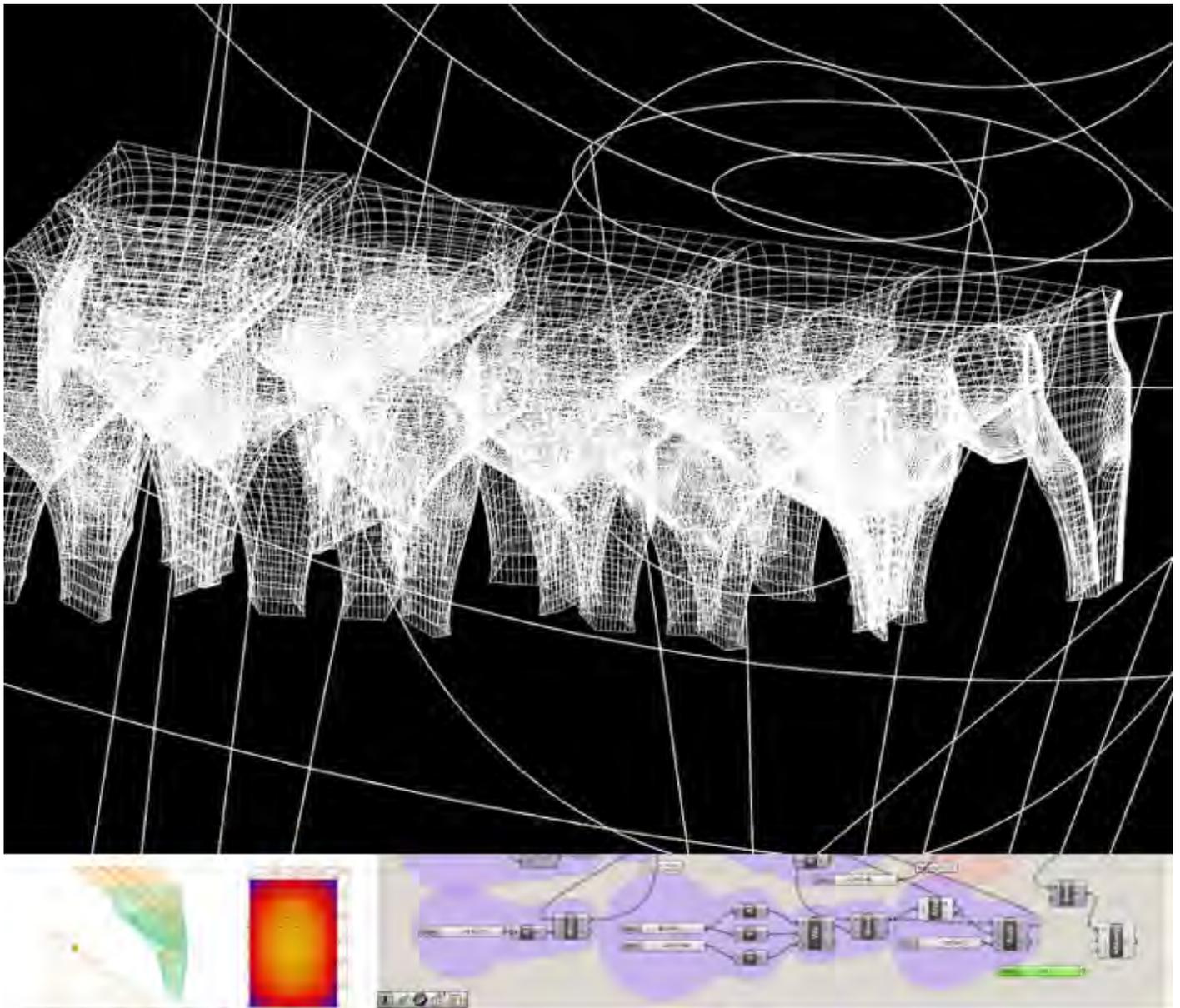


Fig. 3

the coordination of skill and knowledge networks, instilling development processes in small-medium enterprises, and the provision of operable prototypes to industry.

In the ECAlab experience, one of the most interesting observations is that of the range of potential technological solutions identified, demonstrating the fact that successful product innovation depends on the combination of existing creative skills and of a complex mix of technologies, from highly traditional craft processes to advanced material chemistry and digital applications.

ECAlab's latest projects concern a louvre system (Gutiérrez, et al., 2019) and a new collaboration with Assemble/Granby Workshop to develop architectural components using recycled ceramics. The latter is a project within the framework of the Low Carbon Eco Innovatory, funded by the European Regional Development Fund, which has recently been awarded.

By the combination of matter and form through the aesthetics of play (Ortega, 2019) by simulation and data analysis, the architect can verify the intangible, the immaterial: the performance. But only the architecture realized will prove how much the quality of the component will affect the overall quality of the architectural product. In ECAlab the employment of digital technologies in the designing phase takes on an experimental character when consciously related to the “know-how”, artisan logics of “doing

well” (Sennet, 2008); manual skills give concreteness to the idea and perfect it by the application of technical innovation, which becomes part of the creative act itself. In this sense technology, meant as a process device, through the typical responsible action of ‘doing well’ can be placed with precision and measure in the experimental phase aiming at architectural innovation.

References

- Fabris, A. (2018), *Etica per le tecnologie dell'informazione e della comunicazione*, Carocci, Roma, IT.
- Gutiérrez, R. U., Du J., Ferreira N., Ferrero, A and Sharple, S. (2019), “Daylight control and performance in office buildings using a novel ceramic louvre system”, *Building and Environment*, vol. 15, pp. 54-74
- Gutiérrez, R.U. and Wanner, A. (2016), “Innovations in the production of ceramic luminous environments: where craftsman meets computer/ Innovaciones en la producción de ambientes lumínicos cerámicos: entre técnicas artesanales y procesos computados”, *Informes de la Construcción*, pp. 1173-82.
- Maldonado, T. (1994), *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Ortega, L. (2017), *The total designer: authorship in architecture in the postdigital age*, Actar Publishers, New York, NY.
- Sennet, R. (2008), *The Craftsman*, Yale University Press, New Haven and London, UK.



Fig. 4



Fig. 5

Fig. 1 - Example of 2 Iterations in a design optimisation process using Grasshopper –Diva. ©ECAlab. Source: Urbano Gutiérrez, R. and Wanner, A (2016),

Fig. 2 - Sinuous Cone Surface project. 3d model with ray-tracing, and lighting performance for extremes of worst-case scenario: Liverpool, sunny sky, 12.00pm, 21st June (left) and 21st December (right). Source: Urbano Gutiérrez, R. and Wanner, A (2016).

Fig. 3 - Sinuous Cones production process: 3-d print model, generation of plaster mould, and slip-casting to obtain the final ceramic pieces. ©ECAlab. Source: Urbano Gutiérrez, R. and Wanner, A (2016)

Fig. 4, 5 - Interface Soundscapes. The surface is created with 80 of the new ceramic earshells, forming a surface that is 90 cm high by 4.5 m long. 30 are active sonic and luminous chambers. Light attracts the viewers attention to different unknown locations. By listening to the shells, visitors will intimately travel throughout the city. The electronic and sensorised construction allows the user to impregnate the private and domestic space with urban and public qualities. ©ECAlab.

Tab. 1 - Parametric and environmental design and production methods experimented by the Performative Ceramics Screens research: “The three showcased production methods consider existing processes in a new way, and are successful for different reasons, having elements that we can capitalise on or develop further. Understanding the opportunities of these elements is what will give us new iterations in the future”. ©ECAlab. Source: Urbano Gutiérrez, R. and Wanner, A (2016)

AURA: GREEN AND SMART URBAN FURNITURE

Alfonso Morone¹, Nicolau Adad Guilherme², Susanna Parlato³, Iole Sarno⁴

Abstract

Il paper propone una prima esposizione di AURA una ricerca di sviluppo industriale in corso, finalizzata alla realizzazione di sistemi di arredo urbano che integrano la loro funzione originaria con monitoraggio e mitigazione dell'inquinamento atmosferico, grazie all'impiego di biofiltri vegetali (Nature-Based Solution), e di sensoristica intelligente ICT e IoT (dati climatici, dati inquinamento urbano, dati traffico veicolare).

Oltre alla prototipazione di diverse tipologie di arredo urbano la ricerca ha come obiettivo quello di generare un nuovo modello di impresa capace di gestire la produzione di questi prodotti in modo flessibile e con basso impatto ambientale, grazie all'impiego della manifattura digitale e additiva.

Keywords: Nature Based Solution, Smart city, Attrezzature urbane, Bio depurazione, Monitoraggio ambientale

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, alfonso.morone@unina.it

² DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, guiadad@outlook.com

³ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, susanna.parlato@uniroma1.it

⁴ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, yole.sarno@outlook.it

Premesse e contesto di riferimento

AURA è un progetto in corso di svolgimento nell'ambito di un Accordo di Partenariato, tra Euphorbia Srl, società di progettazione del verde e di ricerca botanica, capofila; FOS Srl, attiva nel settore ICT ed il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Federico II di Napoli in qualità di Organismo di Ricerca, finanziato dal MISE Ministero dello Sviluppo Economico - Bando "Fabbrica intelligente, Agrifood e Scienze della vita" nel settore applicativo della Fabbrica intelligente.

Il progetto AURA si propone di effettuare ricerche e prototipazioni volte alla messa a punto di elementi di arredo urbano green & smart che siano caratterizzati dal superamento dell'attuale concetto di arredo urbano e da un'ulteriore evoluzione rispetto anche agli approcci più "sostenibili".

L'approccio previsto in AURA si inquadra nelle tendenze della cosiddetta "Green Economy", fortemente incoraggiate dalla Commissione Europea e, specificatamente, delle "Green Infrastructures"¹ e di "Internet of Things" (IoT)², con un focus sulle NBS Nature Based Solution.

L'inquinamento e i cambiamenti climatici in atto stanno trasformando l'ambiente e provocando un impatto devastante sulla natura e sugli ecosistemi con conseguente perdita di biodiversità e con effetti molto pesanti sulla salute umana. La situazione che si è determinata costituisce una sfida globale, la Commissione Europea è impegnata fortemente per un'Europa a impatto climatico Zero entro il 2050.

Metà della popolazione mondiale è concentrata nelle città, grandi megalopoli ma anche città medie e medio piccole la cui organizzazione è rilevante per l'ambiente anche sotto il profilo dell'aumento dell'inquinamento concentrato. Si tratta di sfide che impongono ai progettisti un nuovo pensare ecologico che porti a identificare nuovi strumenti, anche sotto forma di sistemi

prodotto, capaci di contribuire alla riduzione delle concentrazioni inquinanti e a una maggiore vivibilità dell'ambiente urbano. Si stanno sviluppando, a partire dalle teorie sulla biomimesi e grazie a strategie messe in atto dall'UE, azioni, definite "Nature Based Solution", che si ispirano a, sono supportate da o copiano la natura. Vengono impiegate per diversi obiettivi quali il miglioramento dell'urbanizzazione sostenibile, la rigenerazione di ecosistemi degradati, lo sviluppo di azioni per l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici, il miglioramento della gestione del rischio e la resilienza.

La necessità di ripensare gli spazi urbani focalizzando l'attenzione sui bisogni dei cittadini, razionalizzando le risorse e rendendo più efficiente l'erogazione dei servizi anche mediante l'innovazione tecnologica prefigura nuovi scenari che si stanno traducendo nella trasformazione delle città in "smart cities". Città fondate sull'intelligenza ambientale: uno spazio urbano pervaso da nuovi sistemi di percezione finalizzati a cogliere i bisogni e darvi risposte. Il meccanismo principale che sta alla base dell'intelligenza ambientale è la "sensibilità", ovvero la capacità di percepire esattamente ciò che accade e di reagire di conseguenza, in modo dinamico. Nuovi sistemi di percezione stanno pervadendo ogni aspetto dello spazio urbano, rivelando dimensioni visibili e invisibili della città. Con nuovi sistemi si ha la possibilità di conoscere più a fondo le città e parallelamente la città aumenta la sua capacità di interazione con chi la vive (Ratti and Claudel, 2017). Tra gli attributi chiave di una *smart city* è certamente l'Information and Communication Technology inteso come uno degli strumenti per migliorare la vita dei cittadini e migliorare la crescita economica del territorio. Smart è una città che ha una visione strategica e che si avvale di partenariati pubblico privato per migliorare la vivibilità dei propri cittadini, sfrutta risorse sia tangibili (infrastrutture, energia, risorse naturali) che intangibili (capitale umano, istruzione, conoscenza), e

¹ EU Strategy on Green Infrastructure", available at: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystem/index_en.htm e al Report "Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities", available at: http://ec.europa.eu/pressroom/horizon2020/docuzent.cfm?doc_id=10195

² EU Policy "Shaping Europe's digital future-The Internet of Things", available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/internet-of-things>

promuove il proprio sviluppo sostenibile.

Tra gli ambiti di applicazione per una *smart city* un posto di primo piano è occupato dall'ambiente. Insieme ad una migliore gestione delle risorse naturali e all'efficientamento della gestione del ciclo dei rifiuti il controllo dell'inquinamento dell'aria stimola ulteriori decisioni finalizzate al miglioramento delle condizioni ambientali.

Le tecnologie di monitoraggio basate su reti di sensori sono tra gli interventi attuati per il controllo dell'inquinamento dell'aria, si pongono come vere e proprie piattaforme di captazione e trasferimento dati, anche attraverso sistemi di IOT.

I dati rilevati sono generalmente impiegati per mettere in atto iniziative di limitazione delle emissioni inquinanti. In un'accezione più evoluta i sistemi di monitoraggio sono integrati da componenti industrializzate che catturano le particelle inquinanti. Soluzioni che risultano efficaci ma che comportano complicazioni connesse allo smaltimento delle scorie

Il progetto AURA si inserisce in questo quadro di riferimento e prevede l'ideazione di "*Green & Smart Urban Furniture*" ovvero una nuova generazione di elementi di arredo urbano che, integrano alla loro funzione originaria funzioni di monitoraggio e mitigazione dell'inquinamento atmosferico in città grazie all'impiego di biofiltri vegetali (*Nature Based Solution*), e di sensoristica intelligente ICT e IoT (dati climatici, dati inquinamento urbano, dati traffico veicolare, etc) (Fig. 1).

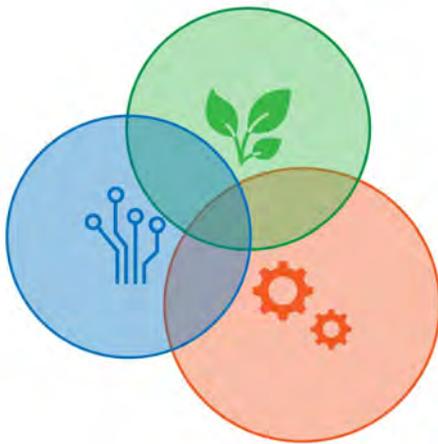


Fig. 1

Le linee di ricerca primaria che confluiscono nel progetto sono legate alla elaborazione di soluzioni modulari, realizzabili attraverso la manifattura 4.0, integrate ad elementi botanici, con lo studio e la produzione prototipale delle essenze "geograficamente" adatte alla bioassorbimento, con bassa necessità di cura e manutenzione e all'ICT, con la messa a punto di procedure per il supporto di metodologie proprie della Manifattura 4.0; con lo studio e la sperimentazione della sensoristica IoT e della loro messa in rete e relativa utilizzazione.

Gruppi di ricerca sono già attivi nello studio di soluzioni capaci di inserire le piante nell'ambiente costruito, integrando aspetti di progettazione industriale avanzata con la ricerca botanica, che sfrutta e potenzia la capacità degli organismi vegetali di trattenere e degradare gli agenti inquinanti atmosferici. Tra questi citiamo il team di progettazione Pnat, *spin-off* dell'università di Firenze e braccio operativo del Laboratorio Internazionale di Neurobiologia Vegetale (LINV), che si occupa di studiare soluzioni per integrare le piante nell'ambiente costruito e utilizza la tecnologia e il design per rendere l'azione più efficace.

Uno dei progetti sviluppati da questo team è "La Fabbrica

dell'aria" progetto per la città di Prato. Una soluzione per ridurre l'inquinamento atmosferico attraverso l'uso delle piante che sfrutta e potenzia la capacità degli alberi di trattenere e degradare gli inquinanti atmosferici. Si tratta di una serra di circa 150 m² ricavata all'interno di un capannone industriale dismesso, verso cui l'aria inquinata cittadina viene convogliata e forzata a passare attraverso un substrato coltivato con alberi e arbusti selezionati. Si tratta di un filtro botanico, gli inquinanti sono bloccati sia dalla rizosfera (suolo, radice e microrganismi associati), sia dalla chioma, quindi degradati e incorporati nella biomassa delle piante. Il progetto della Fabbrica prevede il riuso di aree urbane dismesse e marginali della città.

Di fondamentale importanza è il controllo dei risultati di questo tipo di progetti, senza dati numerici che ne misurino i benefici, ogni progetto basato sull'uso delle piante rimarrebbe solo su un piano teorico.

Nel caso della Fabbrica dell'aria di Prato il miglioramento della qualità dell'aria viene seguito da una rete di sensori dislocati in una maglia 50 x 50 m così da poter valutare dati di un territorio di 4 Km².

La misurazione dei benefici prodotti dalle piante ha un duplice effetto nei piani di protezione ambientale, generando nei cittadini la consapevolezza della loro funzione strategica e fornendo alle amministrazioni strumenti per sostenere le politiche del verde. A restituire i dati sulla qualità dell'aria possono essere le piante stesse. Le piante sono in grado di percepire una grande quantità di parametri ambientali tra cui variazioni di temperatura e luce, vibrazioni, suoni campi elettromagnetici inquinamento dell'aria e del suolo, carenza o eccesso di acqua, gradienti chimici.

Le piante reagiscono agli stimoli esterni generando segnali elettrici o chimici interni al proprio corpo o per comunicare con altre piante. Questi messaggi possono essere captati e tradotti da dispositivi che identificano gli stimoli che li hanno generati. Una nuova generazione di sistemi in grado di acquisire i segnali elettrici generati dalle piante, classificarli correttamente e comunicarli potrebbe generare un network in cui ogni albero della città rappresenta un punto di monitoraggio dell'ambiente circostante, trasmettendo informazioni utili per qualsiasi applicazione della smart city che riguardi l'ambiente (Mancuso and Favretto, 2018).

Definizione dell'ambito di intervento ed obiettivi specifici del progetto

La richiesta di città inclusive e resilienti, con spazi verdi ed aree di svago o di lavoro come parte della riconversione verso un diverso modello economico e sociale, si fa sempre più pressante, coinvolgendo in questo sforzo la cultura industriale e il sistema produttivo, assieme ad aspetti che attengono la quotidianità individuale.

La crescita della popolazione urbana ed il relativo aumento dell'inquinamento concentrato soprattutto nei grossi agglomerati, rendono necessario individuare nuovi strumenti, anche sotto forma di sistemi prodotti, capaci di contribuire alla riduzione delle concentrazioni inquinanti. In questo contesto è necessario coinvolgere l'arredo urbano nello sforzo di abbattere i carichi inquinanti anche al fine di ottenere risparmi energetici e risparmi economici per le amministrazioni locali.

In tale direzione, si sta prospettando una nuova generazione di elementi di "arredo urbano sostenibile", che integrando alle tradizionali funzioni dell'arredo quelle relative a sistemi di monitoraggio con sensori capaci di rilevare la qualità dell'aria, si pongono come vere e proprie piattaforme di captazione e trasfe-

rimento dati, anche attraverso sistemi di IOT.

Tra le funzioni integrative associabili a questi sistemi, possiamo trovare molti prodotti che includono stazioni di ricarica per dispositivi mobili, hotspot WiFi, sedili a temperatura controllata, illuminazione ambientale, sensori ambientali che raccolgono vari tipi di informazioni alimentati da pannelli solari integrati che garantiscono piena autonomia, materiali di costruzione fotocatalitici.

Secondo il rapporto “Smart Cities Market Size, Share - Segmented by Solution”³, il mercato globale delle città intelligenti è previsto in crescita dai 442 miliardi di dollari nel 2014 a 1.226 miliardi di dollari entro il 2023 con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 18,22 %. Si prevede che la crescente domanda di soluzioni per la conversione delle città in smart city sia guidata da fattori quali la crescita della popolazione urbana, la necessità di gestire meglio le risorse naturali limitate, la necessità di migliorare la qualità della vita, le infrastrutture obsolete e la crescente attenzione alla sostenibilità ambientale. Le “Green and Smart Urban Furniture” sono un’area significativa dell’universo delle smart cities e, conseguentemente, il loro mercato beneficerà del trend positivo di crescita sopra delineato costituendo una componente determinante delle cosiddette *Nature Based Solution*.

L’obiettivo finale del progetto di R&S, in particolare circa la tematica dei Sistemi produttivi evolutivi e adattativi per la produzione personalizzata, è quello di studiare la fattibilità tecnica e realizzativa di una nuova generazione di elementi di arredo urbano. Gli elementi di arredo urbani della città contemporanea assolvono diverse funzioni, tra questi si annoverano attrezzature quali panchine, sedili, pensiline, barriere, colonnine informative, stazioni ricarica bici/auto elettriche, supporti pubblicitari, barriere antirumore, colonnine pagamento parcheggio, elementi illuminanti ecc. (Fig. 2).

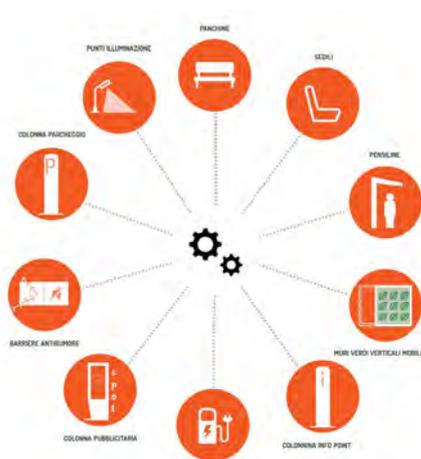


Fig. 2

Il progetto si pone l’obiettivo di realizzare queste tipologie di prodotti che potranno essere installati in città generando una rete di monitoraggio urbano, ma che al tempo stesso siano in grado di operare come elementi attivi nel contrasto all’inquinamento urbano grazie alle funzioni di sequestro ed abbattimento degli inquinanti svolte dalla parte vegetale.

In contesti di elevata valenza storico-culturale (ad es. la maggior parte dei centri storici in Italia), l’introduzione di nuovi elementi potrebbe impattare in modo più o meno rilevante, in relazione alle dimensioni, alle funzioni e soprattutto alla capacità di tali contesti di assorbire le variazioni prodotte da tale

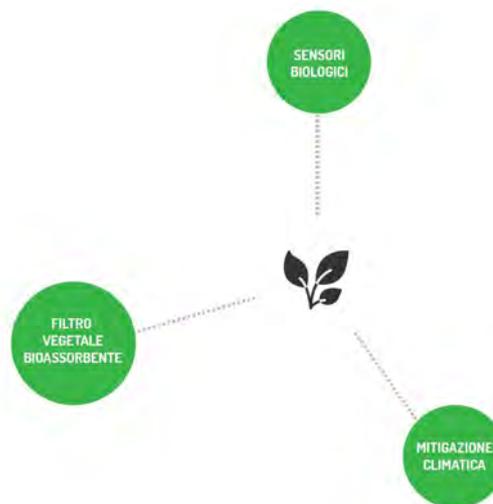


Fig. 3

intervento. In alcuni casi, le possibili modifiche connesse all’occupazione fisica e funzionale delle aree possono “danneggiare” direttamente il contesto generale o il singolo bene culturale in quanto l’introduzione di nuovi elementi può alterare il sistema di relazione e/o la fruizione visiva del bene/luogo. Per tali motivi vi è la necessità di studiare una strategia di customizzazione degli elementi di arredo urbano in modo da minimizzare il loro impatto in una logica di armonizzazione con il contesto (ad es. disegno, dimensioni, collocazione, tipologia di vegetazione, etc) e di integrazione con gli elementi estranei al bene già presenti (ad es. altre installazioni “verdi”, ma anche “grigie”).

La progettazione di questa nuova generazione di arredi si avvarrà di strumenti avanzati per la configurazione e progettazione di soluzioni personalizzate, permettendo al committente di avere un ruolo attivo nella definizione del prodotto, in questo modo il committente diventa un “Prosumer” (Toffler, 1980), cioè un consumatore progettista, sempre più consapevole delle sue esigenze e attivo nella fase di prefigurazione del progetto. Uno specifico configuratore di prodotto darà la possibilità al committente di definire le proprie necessità in modo semplice ed oggettivo, rendendo facilmente gestibile la creazione del proprio prodotto.

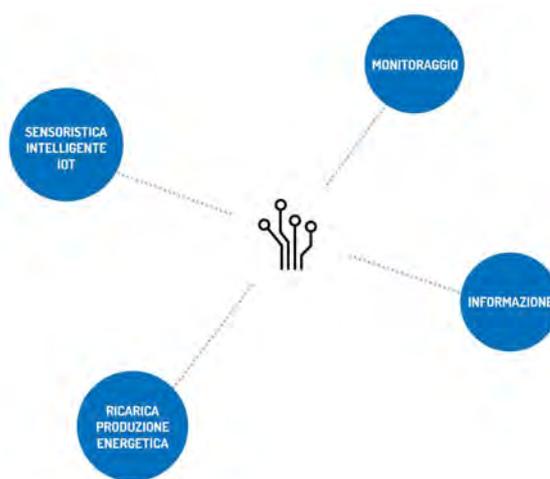


Fig. 4

Ogni elemento di arredo urbano sarà descritto mediante una Scheda Tecnica Digitale. Ciò permette di poterne agevolmente personalizzare sia l’aspetto estetico che le caratteristiche funzionali prima della sua messa in produzione attraverso la Mani-

3 Smart Mobility Management, Smart Public Safety, Smart Healthcare, Smart Buildings, and Geography - Growth, Trends and Forecast (2019 - 2024)”, edito da Mordor Intelligence, 2019

fattura 4.0 in funzione dell'ambiente urbano o dei luoghi in cui saranno collocate.

La manifattura digitale ed in particolare l'additive manufacturing risultano essere particolarmente indicate per la produzione di oggetti caratterizzati da proprietà e comportamenti dinamici differenziati in risposta ai bisogni ed alle esigenze del consumatore. Si mira ad una produzione *demand-driven* che sia sincronizzata nella gestione degli ordini dei clienti, nella schedulazione e nella produzione attraverso una gestione coordinata dei flussi di materiali e di informazioni. Si utilizzerà estensivamente la progettazione CAD/CAM per la creazione di un catalogo di prodotti standard in cui tutti gli elementi sono caratterizzati da una architettura modulare e scalabile. Il cliente potrà usufruire di un configuratore di prodotti e di una piattaforma di monitoraggio della produzione attraverso i quali potrà gestire passo per passo la propria commessa.



Fig. 5

Il valore aggiunto degli elementi "green & smart urban furniture" risiede nel complementare le loro funzioni originali con funzioni ecologiche quali bio-assorbimento degli inquinanti e regolazione del micro-clima, funzioni di monitoraggio di vari parametri climatici ed ambientali, funzioni di sicurezza urbana e funzioni di utilità quali wi-fi hotspot e punti corrente USB (Figg. 3, 4). Tutto ciò in modo sostenibile grazie alla raccolta e riciclo di acqua piovana e alla presenza di sistemi di produzione di energia rinnovabile. Tutte le funzioni addizionali sono completamente personalizzabili: la parte vegetale potrà essere configurata sulla base di un catalogo di essenze botaniche in dipendenza del luogo di collocamento dell'elemento di arredo urbano; la sensoristica IoT dedicata al monitoraggio, le telecamere di sicurezza e le utilities potranno essere scelte (o anche eliminate) tra svariate opzioni sia in termini di performance che di costo.

Nell'area della produzione personalizzata, gioca un ruolo rilevante lo sviluppo di tecnologie e processi per la produzione di materiali bio-compatibili, ma che al tempo stesso presentano elevate caratteristiche meccaniche e funzionali e che possono avere caratteristiche diverse in base alle necessità specifiche del committente.

La produzione personalizzata di questi arredi urbani riguarda anche la componente botanica, sarà infatti realizzato un "caratterizzatore" climatico/botanico dell'area urbana in cui si intende collocarli e un "valutatore" della loro efficacia in termini di abbattimento di CO_2 , PM_{10} , $PM_{2,5}$, etc, ma anche valutazioni del gradimento dei cittadini, del tasso di utilizzazione, etc. Sia il

"caratterizzatore" che il "valutatore" sono *software* inclusi nella piattaforma di monitoraggio della produzione messa a disposizione anche parzialmente per i committenti.

Nature Based Solution

L'approccio *nature based*, nel progetto di ricerca, non è limitato all'impiego delle piante come elemento naturale di filtraggio e monitoraggio dell'aria ma potrà essere utilizzato anche come modello di funzionamento e strutturazione dei prodotti e del sistema. I sistemi naturali possono essere presi a modello per diminuire l'impatto ambientale dei sistemi antropici. Le piante respirano, vedono, sentono e calcolano con tutto il corpo. Distribuire ogni funzione è il solo modo per sopravvivere, le piante possono sopportare asportazioni di gran parte del corpo senza perdere funzionalità. Hanno un'architettura modulare e cooperativa, distribuita e senza centri di comando. Questo modello di funzionamento potrà essere impiegato per rendere i singoli elementi dell'arredo il più indipendenti possibile e senza necessità di manutenzione continua (Fig. 5). Le piante sono in grado di scambiare materia anche a distanza, generano una rete, collaborano tra loro per una gestione più efficiente delle risorse, le funzioni che negli animali sono affidate a organi specializzati, nelle piante sono diffuse sull'intero corpo. Tutto ciò che l'uomo progetta tende ad avere, in maniera più o meno palese e consapevole, un'architettura costituita da un cervello centrale che governa e organi che eseguono i comandi. Anche le nostre società sono costruite perlopiù su questo disegno gerarchico e centralizzato. Un modello il cui vantaggio principale è fornire risposte rapide ma che risulta talvolta fragile e per nulla innovatore. Pur non avendo un organo assimilabile a un cervello centrale le piante riescono a percepire l'ambiente circostante con una sensibilità superiore e rispondere agli stimoli in modo più efficace coordinandosi e collaborando per accedere alle risorse disponibili nel suolo (Mancuso, 2017). Pertanto utilizzare l'approccio *nature based* in questa ricerca implica imitare il mondo vegetale, ispirarsi alle piante per progettare qualcosa di robusto energeticamente sostenibile e adattabile ad un ambiente in costante trasformazione. Mutuare dalle piante le loro modalità di comportamento il loro modo di trasmettere informazioni, materia ed energia permetterà di strutturare gli elementi di arredo come parti di un sistema non centralizzato, che funzioni secondo un modello orizzontale (Fig. 6).



Fig. 6

Conclusioni

In sintesi, AURA intende caratterizzare la produzione di una nuova famiglia di elementi di arredo urbano definibile come *Green & Smart Urban Furniture*. Questi prodotti, modulari e multifunzionali, dovranno costituire un'ulteriore innovazione delle esistenti *smart urban furniture* in grado di generare spazi urbani con una capacità adattiva, interattiva e informativa.

Le caratteristiche tecniche e funzionali dei prodotti, la loro completa personalizzabilità unitamente ai servizi aggiuntivi proposti (rete di monitoraggio ambientale, sistema predittivo) configurano la possibilità di porre in luce bisogni reali delle città che, ad oggi, non sono soddisfacenti da quanto disponibile sul mercato. Per le due aziende partner, i risultati di AURA, dopo una opportuna opera di ingegnerizzazione, daranno la possibilità di accedere a segmenti di mercato oggi non affrontabili con conseguente diversificazione ed incremento del fatturato.

- Come detto in precedenza, il settore di destinazione dei risultati di AURA è quello delle "Città digitali e green". Il settore si basa su varie componenti quali l'*Internet of Things*, i *big data*, le piattaforme *analytics*, l'intelligenza artificiale, i servizi a valore aggiunto di nuova generazione, l'efficienza energetica e le *smart grid*, le rinnovabili e le tecnologie *green*, i sistemi di gestione avanzata delle risorse idriche e dei rifiuti, la promozione dell'economia circolare, la partecipazione dei cittadini alla *governance* dei processi decisionali ed operativi, la nascita di *smart communities*.
- Le *Green & Smart Urban Furniture* combinano molte delle succitate componenti e offrono una rilevante opportunità per la crescita del settore. Esse rappresentano anche un modello per lo sviluppo tecnologico di altre NBS – *Nature Based Solutions* quali tetti, muri, pareti e facciate verdi poiché molte soluzioni adottate sono facilmente trasferibili (ad es. fabbrica 4.0, selezione del verde, modularità, personalizzazione, riutilizzo risorse, produzione energia, etc).

References

- Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, London - New York, UK-US.
- Greengard, S. (2015), *The Internet of Things*, The MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- Kabisch, N., Korn, H. and Stadler, J. (eds.) (2017), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages Between Science, Policy and Practice*, Springer, Cham, CH.
- Marselle, M. R. and Stadler, J. (eds.) (2019), *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*, Springer, Cham, CH.
- Rose, J. F. P. (2016), *The Well-Tempered City: What Modern Science, Ancient Civilizations, and Human Nature Teach Us About the Future of Urban Life*, Harper Wave, New York, NY.
- Schwab, K. (2017), *The Fourth Industrial Revolution*, Penguin, London, UK.
- Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities', available at: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4DzEu5eTaeUJ:https://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm%3Fdoc_id%3D10195+&cd=2&hl%20=it&ct=clnk&gl=it
- Uitto, J. I., Puri, J. and van den Berg, R. (2017), *Evaluating Climate Change Action for Sustainable Development*, Springer, Cham, CH.
- Wolverton, B. C., (1989), A study of Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution, available at: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930072988.pdf>.

Fig. 1 - Le tre componenti, funzionale, tecnologica, vegetale, saranno integrate in ognuna delle tipologie di arredo.

Fig. 2 - La ricerca porterà alla prototipazione di ognuna delle tipologie di arredo descritte in questa infografica.

Fig. 3 - Le funzioni espletate dalla componente vegetale.

Fig. 4 - Le funzioni espletate dalla componente tecnologica digitale.

Fig. 5 - Prima schematizzazione dell'elemento modulare che potrà ospitare sia la componente vegetale che quella tecnologica.

Fig. 6 - Prima schematizzazione dell'integrazione del modulo vegetale/tecnologico con le diverse tipologie funzionali di arredo.

DIGITAL DESIGN AND FABRICATION OF A DEMOUNTABLE SHELL

Ornella Iuorio¹

Abstract

Complex geometries are finding wider application in contemporary architectures, and are reconnecting the two fields of architecture and structural engineering that for centuries have been inappropriately walking aside. Impressive projects throughout the world are evidence of a new way of designing. Digital technologies are enhancing significant changes in architecture. This paper presents the digital design and fabrication of a pavilion developed for the IASS 2019 exhibition as a way to demonstrate the possibilities opened by the integration of knowledges through digital platforms.

Keywords: Design for deconstruction, Free-form, Parametric design, 3D printing, Shell

¹ School of Civil Engineering, University of Leeds (UK), o.iuorio@leeds.ac.uk



Fig. 1

Introduction

In the contemporary scenario complex and freeform geometries are widely used in architecture (Tuorio, 2018). Impressive projects throughout the world carried out by important architects and engineers are evidence of a new way of designing. New technologies are significantly changing the way architecture is conceived and realized, opening freedom to artistic expression (Block et al, 2018). This rising presence is due to multiple factors and the first of the them lies undoubtedly in the development of innovative methodologies associated with straightforward digital tools that affect each aspect of the design process, from concept to fabrication. Through the use of parametric modelling and digital fabrication techniques, it is possible to generate optimized workflows from design to fabrication that can allow the development of architectural systems that are structurally and environmentally efficient (Dunn, 2012).

Shells are one of the complex geometries and structural systems that have been used for centuries in architecture to response to the ancient need of covering long span spaces (Andriaessens et al., 2014). Their presence and complexity has seen a new rise in the last decades. Parametric modelling has certainly unlocked the adoption of shell structures, because it allows describing and investigating large complex systems with few variables. The parametric modelling allows the analysis of a range of geometries, and their corresponding structural behaviours very early in the design process, enabling the possibility to experiment with less material for analogous structural performance (Bletzinger, Ramm, 2014). Moreover, fabrication processes and constraints can be considered earlier in the process, as part of the conceptual design process. This is of particular interest when the intent is to develop sustainable demountable architectures.

This paper discusses the use of digital design and fabrication for demountable pavilions. It elaborates the discussion starting with famous shells recently realised and then introducing a series of competitions that have allowed experimentation in the field. Finally, it presents the process developed for the digital design and fabrication of a thin shell that has the shape of sounds waves replicating like in an Echo, which has been designed and fabricated answering the brief set within an international context at the IASS 2019 conference.

Digital design and fabrication of Pavilions

Pavilions in architecture have always been the means for the exploration of new technologies. One of the most famous historical example is the Crystal Palace, realized to house the Great Exhibition of 1851, which demonstrated the spatial, technological and architectural capacities of iron and glass. The modular iron, wood and glass architecture erected originally in Hyde Park in London, while showcasing the most advanced example of technology developed during the industrial revolution, was itself the symbol of a new way of conceiving and fabricating architecture. The Italian Biennale of Architecture has also showcased in the last 40 years a wide and comprehensive range of pavilions that demonstrated technological and environmental advancements, until in recent years, digital design and fabrication has been showcased. The Droneport and the Armadillo Vault (Fig. 1), exposed at the 2018 Biennale, are two examples of architectures developed through advanced computer programming, structural optimization and digital fabrication. While the Droneport (Heathcote, 2018) has been conceived as a modular canopy made of masonry vaults that aims to be built in Africa and grow in extension as demand increases, the Armadillo vault, is, instead, a free-form canopy developed specifically for the Venice exposition place. The design of the Armadillo vault and the individual pieces were strongly influenced by fabrication constraints to the point that already in the design process, the geometry is defined considering the CNC machining process for the stone cutting, and the on-site assembly (Rippman et al., 2016). Moreover, this vault has been conceived to be assembled and then disassembled after the Biennale and to be re-assembled elsewhere.

The topic of temporary and demountable shell structures has been largely explored during a series of competitions sponsored by the International Association of Shell Structures (IASS). In the most recent one, in 2015 and 2019, there has been a vast exploration of deployable shells, free-form surfaces, pneumatic and foldable structures, to cite just a few, all having have in common the purpose of developing lightweight architectures by cutting-edge techniques and smart materials. The 2019 competition, in particular, requested development of systems that could demonstrate the capacity of advanced manufacturing and can could be shipped to Barcelona in maximum 6 boxes and built



Fig. 2

in a 4x4x4m space in one day. The developed pavilions showed strong integration between design and fabrication processes, advancements in 3D printing materials (as for example in knitting printing), and precise cutting. Among them, the author designed and built with her research team a shell title ECHO (Iuorio and Korkis, 2018; Iuorio et al., 2018) that is discussed in the next section.

The ECHO shell

The ECHO shell has been developed in answering the brief set by the international context within the IASS 2019 conference, which required to develop an innovative lightweight pavilion that was included in a volume 4x4x4m, was lightweight (maximum allowed weight 192 kg) and followed a logic of design for disassembly and could be carried around in 6 boxes. The pavilions needed to be fabricated in one day, and disassembled in one day. It also could not be fixed on the ground or hang from the ceiling.

Our aim was to develop a space that had the shape of echo soundwaves, in which the portion having single curvature is made of a continuous shell, while the double curvature is obtained through a sequence of arches (Fig. 2).

We aimed to develop the pavilion as a first prototype of tessellated shell, which can be fabricated with in-house tools, i.e. CNC machine and commercial 3D printers, which allows exploration of connecting systems that can be fast to set and that require a minimum amount of tools, and can mostly be assembled by hands. Our pavilion aimed to be assembled and disassembled multiple times.

At the base of all the design process is the definition of a surface with constant curvature as initial geometry. The surface was generated in Rhinoceros® and referenced into Grasshopper to be used directly in the tessellation process. The surface was defined following a parametric approach. Parametric design is an algorithm-based process, that uses parameters to define the relationship between a set of inputs to derive a required result. The outputs of this process remain tightly related to these parameters. Changing a parameter at any stage of the process affects the end results directly. This methodology has been applied to the shell surface to provide the boundary conditions for the planarization process and to form the hexagons in the tessellation process.

Tessellation is the process of dividing a surface using geometric shapes. Tessellation can be obtained to discretize a surface in a finite number of tiles.

For the ECHO shell, the intention was to subdivide the continuous three-dimensional shell in a finite number of flat tiles, that could be later realized with wooden panels. Computer generated tiles using tessellation algorithms usually result in non-planar tiles that follow the shape of the tessellated surface exactly. This was the case of the ECHO project, for which planarization was then later applied to allow the fabrication by using planar sheets of plywood. The advantages of parametric design includes the ability to check multiple valid combinations of parameters and compare the final outputs with minimum effort. This ability was utilized to obtain a final planarized shell that approximates the original tessellated shell as closely as possible.

Fabrication and assembly requirements have been central to the overall design. For the fabrication, limitation were given by CNC machine process, while for the assembly limitations were given by the transportation, since all the components had to fit ideally 6 boxes of given dimensions, and other limitations were given by the available assembly time (i.e one day) and minimum use of any electrical tool.

We selected poplar laser plywood, characterized by light timber colour with imperceptible grain, and 6mm thickness. To allow an easy assembling and maximize the possibility to transfer forces through membrane actions, the panels were interlocked with finger joints. However, since the available CNC machine was a 2 axis machine, the joints were perpendicular to the wood plate, as such the edge faces of the panels are not perfectly parallel to each other. This key issue required us to develop appropriate connections.

The design of the connection system has, therefore, been crucial in this project. Since minimum effort, minimum labour, minimum material want to be adopted for the connection, a careful selection of the geometry, material and 3D printing parameters have been carried out.

ECHO shell connections were designed assuming the formwork will carry most of the load, but the connections will be subjected to a bending moment at the construction stage. The shell consisted of thin plywood panels. Since the panels were only 6mm thick, a connection that would interfere with the sheets axially was ruled out. The final connection system was designed in Fusion 360 and 3D printed as 2 parts that will envelope the panels at the connection vertices (where three panels meet). The lower part of the connection had three blocks that fit into slots cut into the panels. This design would depend on friction between the connection's blocks and the panels for stability, and to a lower degree on the clamping force provided between the two parts of the connection. The ECHO shell consists of 94 planar panels connected using 144 connections. Despite the symmetry of the shell, designing a large number of connections individually is time consuming, less efficient and more prone to errors. Developing the connections through parametric design was crucial to avoid these problems (Fig. 3).

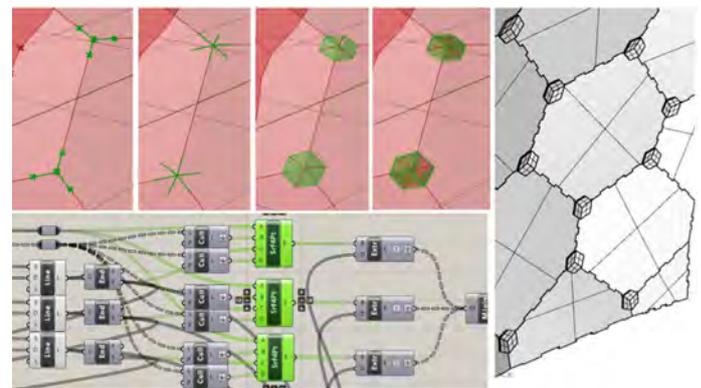


Fig. 3

In terms of material, considering the intention to fabricate the joints through commercial 3D printers, among the available plastic base materials, Vero, ABS and PolyLactic Acid (PLA) were tested. In terms of mechanical properties PLA and ABS have roughly the same strength but PLA has a lower flexibility. One of the main advantage of PLA over ABS is that is considered to be easier to print, since PLA warps less when printing, requires lower temperatures, is less prone to ambient temperature changes and has a less harmful smell. Vero was excluded, because more expensive and too flexible for the required application.

The final shell, composed of 94 panels and 144 connections was shipped in 4 boxes and assembled in 4 hours during the competition in Barcelona. Each panel and each connection was properly labelled, since each component had its specific location, and the assembling pattern was developed to reduce the support system and reduce time. The assembling process demonstrated

the capacity of the shell and of the developed connection system to carry its own weight up to half of the height (i.e. up to 80 cm, Fig. 4), after that minimum supports were required up to the formation of the edge arch. Once the edge arches were formed, the shell was completely stable, and the top part was completed without any support (Fig. 5). The assembling and disassembling process demonstrated the capacity of this small pavilion to be assembled multiple times and how the precision engineering of the components was essential in the delivery of the project on time. The work was developed by the author research team, that includes architects, structural engineers and mechatronicists, and each of them had the possibility to express their specialty for a common goal.



Fig. 4

Conclusions and reflections

This work reflects on the transformation of design and construction processes. Today we are assisting to a dichotomy between a digital world that enables the articulation of visionary shapes, architectures and urban spaces, that rarely find full development in the real world, and digital processes that instead enable the development of complex geometry and smart architecture thanks to the possibility to embed the complexity of geometry, fabrication and transformation processes since the conceptual stage. This second is probably an optimistic vision of what digital design and fabrication can bring to architecture. An optimistic vision that recognises the importance of each industrial revolution and that believes digital design and fabrication being part of the transformation from industry 2.0 to industry 4.0.

This work uses pavilions as lens for understating the transformation in architecture, and indeed it starts by citing the Crystal palace, to then reflect on the most recent pavilions at the Biennale of Architecture. The cited Droneport and Armadillo Vault are also pivotal because they are not only manifest evidence of

intertwin digital processes, but they also enunciate the new possibilities opened by the digital to traditional construction materials, such as brick masonry for thin vaults in the visionary idea of a “port”, i.e. an house, for drones in remote areas of the Global South, that can modularly extend as request increases, as well as they both are tangible example of architecture deeply routed in historical, computational, structural and manufacturing research. These two emblematic architecture are also examples of two opposite propositions, one made of poor materials such as thin clay bricks and the other made of expensive stones precisely cut with six axis CNC machines and refined to recall an armadillo skin. Dichotomy that is common to the architecture practice.

The ECHO pavilion is presented and discussed to elaborate on the possibilities opened by digital design process for the eco-design of a demountable pavilion, to be realized with largely available materials and manufacturing machines. The ECHO pavilion wants to be a real physical space, with a tangible materiality, that uses minimum amount of material, is developed as a kit of parts, and can be assembled and disassembled in few hours, to be available for multiple uses. It also discusses the importance and the role-played by different disciplines in the overall process, the capacity and limitation of sharing a common design platform and the role played in the optimization of the components.

Finally, the intent is to reflect about the architecture values, the value of the products, and their value in a life-time perspective. All the cited projects debate about simplicity and complexity, demonstrate the role that the digital process has now and open reflection upon what the digital can potentially allows in the future.

References

- Adriaenssens, S., Block, P., Veenendaal, D. and Williams, C. (eds.) (2014), *Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization*. Routledge, London, UK.
- Bletzinger, K. U. and Ramm, E. (2014), “Computational form finding and optimization” in Adriaenssens, S., Block, P., Veenendaal, D. and Williams, C. (eds.), *Shell Structures for Architecture, Form Finding and Optimization*, Routledge, London, UK.
- Block, P., Van Mele, T., Liew, A., DeJong, M., Escobedo, D. and Ochsendorf, J. (2018), “Structural design, fabrication and construction of the Armadillo vault”, *Structural Engineer*, vol. 9, pp. 10-20.
- Block, P., Van Mele, T., Rippmann, M., DeJong, M., Ochsendorf, J., Escobedo, M. and Escobedo, D. (2016), “Armadillo Vault - An extreme discrete stone shell”, *Detail*, vol.10, pp. 940-942.
- Dunn, N. (2012), *Digital Fabrication in Architecture*, Laurence King, London, UK.
- Heathcote, E. (2018), “The smallest airport in the world”. *A’A’L’Architecture d’aujourd’hui*.
- Iuorio, O. (2018), “BIM, free form shells and digital fabrication”, in Russo Ermolli, S (ed.), *The Changing Architect*, Maggioli Editore, S. Arcangelo di Romagna, IT, pp. 103-110.
- Iuorio, O. and Korkis, E. (2019), “Design and fabrication of a tessellated shell”, in Corres, H., Todisco, L. and Fivet, C. (eds.), *Proceedings of the International fib Symposium on Conceptual Design of Structure*, 2019 International fib Symposium on Conceptual Design of Structures, 26-28 Sep 2019, Madrid, Spain, Fédération Internationale du Béton, pp. 361-368.
- Iuorio, O., Korkis, E. and Contestabile, M. (2019), “Digital Tessellation and Fabrication of the ECHO shell”, *Proceedings of IASS Annual Symposia. 60th Anniversary Symposium of the International Association for Shell and Spatial Structures Structural Membranes 2019*, 06-10 Oct 2019, Barcelona, Spain. International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).
- Rippmann, M., Van Mele, T., Popescu, M., Augustynowicz, E., Echenagucia, T., Barentin, C., Frick, U. and Block, P. (2016), “The Armadillo Vault. Computational Design and Digital Fabrication of a Freeform Stone Shell”, in Adriaenssens, S., Gramazio, F., Kohler, M., Menges, A. and Pauly, M. (eds.), *Advances in Architectural Geometry*, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, CH, pp. 344-363.



Fig. 5

Fig. 1 - Armadillo Vault at the Italian Biennale of Architecture. Credits: Block Research Group.

Fig. 2 - The ECHO pavilion design render. Credits: Iuorio research group

Fig. 3 - Digital design of the connection system. Credits: Iuorio research group

Fig. 4 - Assembling process, free standing portion. Credits: Iuorio research group

Fig. 5 - The ECHO assembled shell

2.b

DIGITO ERGO AEDIFICIO

DIGITAL CHAINS FOR ADVANCED BUILDING PROCESSES

Roberto Ruggiero¹, Roberto Cognoli²

Abstract

The paper focuses on the digitalization of the building processes (design, production, construction) in the awareness that “construction” is, today, the weakest link of a possible digital chain in the building sector. In particular, the paper shows the first findings of research focused on the application, in post-natural disaster areas, of an automated process to build temporary shelters and little facilities services. The illustration of this ongoing activity is an opportunity for some critical reflections about the potentiality of the digital revolution applied to the building sector.

Keywords: Digital, Architecture, Construction, Automation, Process, Emergency

¹ SAAD - School of Architecture and Design Eduardo Vittoria, University of Camerino, roberto.ruggiero@unicam.it

² ISAS - International School of Advanced Study, University of Camerino, roberto.cognoli@unicam.it

“Where” is the digital in architecture?¹

In the last decades, the results of the so-called “digital revolution” have profoundly changed some of the rules and processes of twentieth-century industrial production. Despite its low inclination to experiment with the results of technological innovation, also the building sector is today deeply affected by the new opportunities provided by the digital culture, even if to a different extent depending on the geographical contexts.

Since the diffusion of Computer-Aided Design (CAD) in the ‘80s², many things have changed in design, production, and construction processes. In particular, in the design processes, a new generation of digital software and devices have become permanently part of the “architect’s toolbox”. Particularly in the last ten years, the development of ICT technologies has made available new families of interconnected tools. The latter has turned out to be so powerful to stimulate, in a short time, the emerging of new design cultures and, with them, the rise of new rules and roles in design processes³.

Nevertheless, digital innovation has not spread homogeneously in the other phase of the building process. Only in recent years, in some advanced contexts, and under the push of Industry 4.0 template⁴, CNC technologies, robotics applied to the manufacturing field, and 3D printing has allowed experimenting the production of innovative *non-standard*⁵ systems, and components and prepared the ground to a new form of prefabrication: the *off-site* construction, i.e. one of the so-called MMC (Modern

Method of Construction) that can be considered as a mature form of prefabrication based on digital methods of design and production. Otherwise, digital innovation seems to “touch” very little the “construction” procedures, including the building site, that generally is still linked to “analogic” approaches that strongly reduce the benefits deriving from the digital innovation⁶. In the transition between design, production and construction, this discontinuity represents an obstacle to the development of entirely digital approaches to building processes – i.e. a digital construction chain⁷ – and the benefits that could derive from it.

If the research in the field of the digital building site and on-site use of digital equipment shows remarkable results, they often seem to be too futuristic and sophisticated for immediate applicability in ordinary construction processes, whose know-how in many contexts is still very low. From ETH of Zurich to MIT of Cambridge, from Mecanoo Architekten to UN Studio or Zaha Hadid Associates, digital fabrication counts today an enormous amount of futuristic applications through ambitious research projects or applied in not ordinary architectures.

Aware of this scenario, we are legitimate, today, to ask ourselves some questions, decisive for understanding the future. For example: whether, when and how the completion of the digital revolution will interfere with the processes of ordinary constructions. Is this a plausible scenario? Such a powerful conceptual and instrumental apparatus (such as that of the digital technological context) can be put at the service of the most urgent and current issues such as, for example, new and widespread hous-

1 This title paraphrases the title of a book - Goodhouse, A. (2017), *When Is the Digital in Architecture?*, Sternberg Press, Berlin - that focuses on the beginnings of the digital in architecture.

2 In 1982 AutoCAD (by Autodesk) was the first 2D design CAD software made for PC. It spreads – in a few years and many fields (including architecture) – as a revolutionary design tool.

3 Parametric and Computational Design are just two of the most evident and not fully explored outcomes of the “revolution” underway.

4 It is recalled that the Industry 4.0 develop model is specifically founded on advanced digital technologies like automation, artificial intelligence, robotics, 3D printing, internet of things to name a few.

5 See P. Beaucé, B. Cache (2003), *Towards a non-standard mode of production*, in “Non-Standard Architecture” exhibition catalogue, Georges Pompidou, December 2003/March 2004, available at: <http://architettura.it/extended/20040214/index.htm>

6 That is why this disparity contradicts one of the main postulates of the digital culture based on the concept of “digital workflow” between all the process phases, already applied in other manufacturing fields. This implies a sharing of data between the different “actors” of the process but, above all, that all the stages of the operational chain make use of digital tools, approaches, and technologies. This model, still far from being applied in the ordinary building experiences, entails a shift of paradigm in the way the architects’ design, the way that builders build, and the way that industry produces.

7 In the most recent scientific literature, the concept of “digital construction chain” emerges as a necessary pre-condition for the completion of the digital revolution in the construction field. Although nowadays “digital” has penetrated many phases of the building process, its presence is still discontinuous. For example, if the building design has long been heavily digitized, «despite rapid digitization in almost all other industries, construction remains one of the least effected» (Claypool, 2019). This «discrepancy between design and fabrication» constitutes «a gap between the two processes» but also a gap for the entire building process. (Retsin, 2016). To develop in a complete way a “digital constructive reality”, a fully digital building process is necessary, i.e. «an architecture that is both digital in its design, production, syntax, and economy» (Retsin, 2016). As stigmatized in one of the reference texts for digital culture applied to construction, «far beyond purely digital rhetoric, we recognize digital constructive reality as a unique breeding ground to induce new meaning in architecture» (Gramazio, Willmann, Kohler, 2014 p. 192).

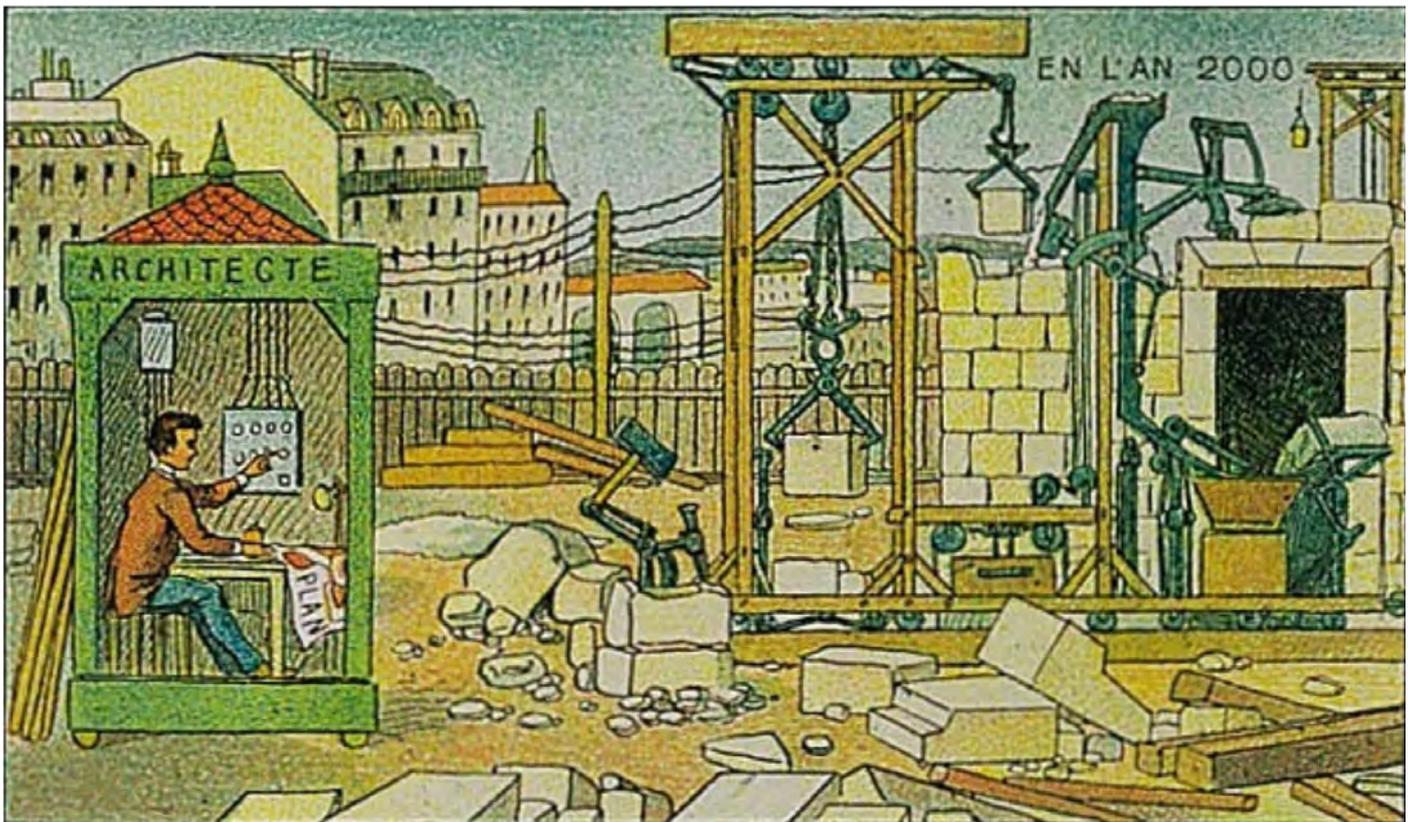


Fig. 1

ing emergencies, the sustainability of construction processes and the quality of the built environment? Concerning the declared inhomogeneity of the impact of digital technology on the different steps of the building processes, is it possible that 3D printers, robots and other devices for the “digital construction” find room steadily in a more or less near future?

These and other questions should encourage a reflection about, updating Martin Heidegger thought, “the question concerning *digital* technology” in architecture⁸.

The development of avant-garde components, new and compelling spatiality, of fluid processes capable of realigning design, production, and construction in a single workflow, probably represents the first result of an advancement whose potential is yet to be discovered. Understanding how and if such powerful technologies, if systemized, can help us make environmental transformation processes more efficient, timely, sustainable, and even ambitious remains a challenge. Reducing this challenge to a mere instrumental question, without considering its cultural implications, would be a step backward for architectural culture. Otherwise, experimenting with new digital approaches to the conception and construction of Architecture according to the objectives, which today are stringent, of social and environmental sustainability, appears instead to be a compelling way of accepting this challenge.

The “good machine”. A research about robots in post-earthquake reconstruction.

The effects that a natural disaster (an earthquake, for example) usually determines in an anthropized context are both material and immaterial. The collapsed building represents just the physical damage: the “cut” of the social, economic, cultural, environmental relationships between people constitutes instead

priceless harm that can even compromise the community’s survival, particularly in contexts of low-density urbanization. If the time for the physical reconstruction is, as usually is, too long, the reconstruction of human relationship – i.e. the reconstruction of the “community” – risks to be irreparably compromised.

The 2016 earthquake⁹ that destroyed a substantial part of a small town and ancient villages in Central Italy is a perfect example of this. After more than three years from the disaster, that community doesn’t know yet when and how the reconstruction will be carried out. Uncertain on its future, people are obliged to live in what are called “emergency living solutions”, that is to say, “temporary” (a euphemism) settlements built in a very economical way, devoid of any architectural quality and in the total absence of facilities. Based on previous Italian disaster experiences, we know that those settlements will house most of the people for more than twenty years. The lack of any sort of amenities in this “small dormitory suburbs” prevents the rebirth of any kind of social life. Moreover, we know that Italy has a fragile territory where earthquakes are cycling and recurring phenomena, so as any natural disasters.

With a reach tradition of studies in the field of housing emergency and directly affected by this event (for reasons of territorial contiguity), the School of Architecture and Design “Eduardo Vittoria” (SAAD) of Ascoli Piceno, University of Camerino, since 2017 has developed different research lines in the field of emergency management. The most experimental of these concerns the possibility of creating, in the emergency sites (SAE, emergency housing solutions), small and medium-sized temporary structures devoted to facilities for the community. The research develops in two directions: the definition of participatory construction processes; the use of advanced digital technologies and, with them, the introduction of automation systems. In both cases, the research aims at extending its focus, progressively,

⁸ The reference is to the famous work “The question concerning technology” published in 1954, where Heidegger discusses the essence of technology in full “machine age”.

⁹ The earthquake that hit Central Italy in 2016 involved 138 municipalities, 4 regions, 299 victims, around 50,000 displaced persons, 4,000 are the SAE (emergency housing solutions), 80,000 are the damaged buildings. (Source: ISTAT, Italian National Statistical Institute).

from the small temporary structures to the emergency houses and, in a longer and more ambitious perspective, to the reconstruction process¹⁰.

About the second topic (automation systems), SAAD obtained funding from the regional government for an experimental application of “automated construction site” in contexts of post-earthquake reconstruction¹¹. The research, which is carried out in partnership with a company specialized in the field of programming of collaborative robotic arms and automation systems¹², aims at defining an innovative scenario deriving from the use of “*advanced automation systems*” in the construction of temporary artifacts in post-earthquake emergency contexts. In particular, its main goal is to define an innovative and intelligent process for design, production, and on-site construction of “light” wood structures, with low environmental impact (thanks to an efficient construction process), customizable, of rapid execution, flexible and adaptive.

The achievement of a building process based on the “*advanced manufacturing systems*” mentioned by Industry 4.0¹³ can refer both to evolved prefabrication chains (“offsite”) and to scenarios of digital on-site construction, where skilled labor could resort to the use of “cobot”¹⁴ for routine or precision operations (positioning of curtains, coverings, drilling, etc.) or for the production of customized building components, with a consequent reduction in processing times and costs.

The possible integration between the two scenarios (transportable advanced prefabrication chains and lighter, smarter, and collaborative systems) would allow intervening efficiently and quickly in emergency contexts.

In particular, the research aims at:

- simulating a scenario of a project/production/construction chain focused on the use of different hardware and software instruments, automation systems, and the use of cobot and AGV (Automated Guided Vehicle). In particular, the generic cobot will be modelled along with the flow of the production process as a sort of “lean” cell 4.0, a solution that fully meets the OEE (Overall Equipment Effectiveness, the standard for measuring productivity) and MES criteria (Manufacturing Execution System) criteria, characterized by low operating cost because it is managed by a single operator, in which the handling is minimal while ensuring maximum quality, in which the flow is “lean” (i.e. without interruptions, bottlenecks, and extraordinary maintenance);
- making a demonstration prototype of a building artifact or part of it deriving from one or more scenarios among those previously defined that are already applicable concerning the technologies and devices available today. In this phase, through the “building-oriented” reprogramming of cobot, some phases of the building process will be simulated such

as the precision assembly of wooden construction systems.

With the industrial partner support and SAAD lab#Protoype, we started to develop a constructive simulation of the entire digital construction process. In this early phase, we are simulating different operating scenarios to evaluate their actual feasibility. The simulation is carried out mainly using the Rhinoceros 6 software and the Grasshopper¹⁵ visual programming plug-in with some specific components. These tools allow you to program industrial robots or CNC milling machine directly from the parametric modeling environment, whose generated files can be run directly on the machines, without requiring additional software. These operations are coordinated thanks to the application of sensors that send continuous physical feedbacks to the digital simulation model, allowing the coordination of machine movements, operations, and processes through machine learning algorithms.

The first step of the research involves the construction of a temporary pavilion to be built with an innovative one wooden construction system based on an innovative reinterpretation of “wood-wood” connection systems (without the contribution of metal joints or other material). This system is typical of Japanese construction tradition. Its reference material is “plywood” (un this case 18/20 mm thick) that can be “cut” trough subtractive techniques of digital fabrication. The system was previously developed as part of an experimental activity carried out between SAAD and Keyo University of Tokyo¹⁶. We choose wood for his versatility of use that not only covers the structural aspects of a building, but also the thermal aspects of the building envelope and the aesthetic of the external and internal finishes. The prevalent use of one material allows controlling almost the entire design-production-assembly cycle of a wooden building.

In this first phase of the research, we are planning the simulation of two scenarios based on the building site organization typology. The first one involves the installation of a transportable production unit (*flying factory*); the second one is a lighter and collaborative system that uses provisional works as a support. Despite both the systems can be imagined as systems of the same process, in this first evaluation phase they have been analyzed separately.

Scenario 1

a) development of a 4D BIM model of the artifact¹⁷; b) a robotic arm, equipped with a vacuum gripper end-effector, provides to the load/unload cycle of CNC milling machine storing the parts in a designated area; c) the components are assembled through the double-action the robotic arm and the rotating work table; d) an AGV machine transfers the components to the construction site; e) workers, even unskilled, can quickly assemble the various parts produced. This system allows to handle heavier parts (even 1220x2440 plywood panel) and in larger quantities¹⁸.

10 In this case, we are dealing with a very ambitious and futuristic goal.

11 The project won two regional calls POR MARCHE ESF 2014-2020 Axis 1 for total funding of about 300,000 €

12 The company is Joytek s.r.l.s., headquartered in Ancona

13 Industry 4.0 model integrates automation and data exchange into production technologies and processes based on cyber-physical systems (CPS), Internet of Things (IoT), Industrial Internet of Things (IIOT), cloud computing, cognitive computing, and artificial intelligence.

14 Cobots, or collaborative robots, are robots intended to interact safely with humans in a shared space. Cobots stand in contrast to traditional industrial robots which are designed to work autonomously with safety assured by isolation from human contact.

15 Grasshopper is a graphical algorithm editor tightly integrated with McNeel Rhinoceros, 3-D modeling tools. Grasshopper requires no knowledge of programming or scripting, there are several different applications for geometric, logic, and simulation operation, available at: <https://www.grasshopper3d.com/>

16 The research involved prof. Hiroto Kobayashi and his department at Keyo University of Tokyo. Cfr. Ruggiero, R. (2019), "Progetto esecutivo e processi di costruzione digitale. Una sperimentazione costruttiva tra Italia e Giappone", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18, pp. 300-308.

17 4D Building Information Modelling (BIM) refers to the fourth dimension of time. 4D is a 3D model that includes the construction schedule. It adds a time dimension to a 3D model, enabling teams to analyze the sequence of events on a time-line and visualize the time it takes to complete tasks within the construction process.

18 The basic equipment for this scenario is: one six axes industrial robot on a 3000 mm track; one standard 3-axis CNC milling machine with a minimum 2000 x 3000 mm working plane; a rotating working plane 1500x1500 mm; one tracked AGV (Automated Guided Vehicle) with an onboard sensing system; Lidar (Light Detection and Ranging) and proximity sensors; a design station.

Scenario 2

a) development of a 4D BIM model of the artifact; b) two co-robots are installed on a special scaffold that allows them to move along the entire perimeter of the construction site, the third is installed on the AGV and can move more freely thanks to lidar and GPS sensors. This type of equipment could be used from skilled labor for routine or precision operations (positioning of curtains, coverings, drilling, etc.) reducing time and therefore the construction costs. This system is certainly lighter and more adaptable, but the most evident limit is the maximum load that the robot can handle¹⁹.

Once both the scenarios have been developed, a small-scale prototyping phase will be launched. The lab#Prototype, equipment is about to be implemented with small-scale collaborative arms capable to faithfully simulate the prefigured process for both scenarios. At the end of this phase and following the experimental method adopted, we will proceed with an evaluation of the costs and benefits, of the feasibility and criticality of each option. Only after this evaluation, we will proceed with the 1:1 scale prototyping.

“Where are we now?”²⁰

The work described so far represents experimentation of digital project/production/construction chains applied in contexts of “service” architecture, according to the well-known definition of Renzo Piano²¹. In terms of expected results, the research will have to demonstrate which are the most suitable operative supply-chains but also their real feasibility and applicability, the levels of complexity to which the artifacts and the underlying processes can be driven, the added value of similar processes compared to traditional procedures. The horizon is vast and the outcome is not obvious.

Safety, efficiency, rapidity, flexibility, sustainability, the exponential increase in technical control capacity are just some of the characteristics that can be associated with an entirely digital construction process that, also hybridized with traditional analog processes, could have “revolutionary” implications for the built environment, for the building sector and, as for the context adopted in the research presented here, for the communities.

The work carried out so far, being in a largely initial phase, does not allow conclusions to be drawn but allows us to focus on some questions concerning the implications between the project and digital construction processes. The digital and partially automated construction site represents the attempt to bring levels of efficiency and control over a phase, that of construction, traditionally characterized by uncertainty. This model allows not only to capitalize on the levels of efficiency and complexity of the digital design processes but also an attempt to “industrialize” the construction site, also making it “cybernetically” controllable (Ciribini 2019, p. 14). This does not necessarily require an upgrade of the current building systems and materials, but a modification of some processes and above all the acquisition of new know-how in the field of the project.

In a fully digitalized construction process, the design phase is confirmed to be the “black box” of the building, the place where everything must be foreseen also concerning the construction process of the final artifact. The prototyping phase is not limited to the architectural artifact but must be extended to the entire construction process. This latter must be prefigured in every de-

tail through the construction of informative and predictive models regarding the whole building process, included the physical organization of the construction site. This is required to guarantee the efficiency of complex processes and the interoperability and interaction between machines, operators, and physical spaces. This new “responsibility” implies an expansion of the skills involved in the construction process but also the design process. That’s why the architectural culture should ask itself if and how the Architect, as trained and conceived today, can respond (in terms of understanding and acceptance) to the possible spread of hyper-technological building processes, to the need to implement his know-how, to the necessity to interface with hyper-specialized professional figures coming from fields of knowledge sometimes very distant. Without adequate training, not only the Architect will not be able to fully grasp the opportunities that today discipline such as computer science, mathematics or cybernetics offer to the world of construction, but it risks becoming – according to a famous Manzonian definition – «a clay pot, forced to travel with many iron pots»²².

In more general terms, this scenario requires an acknowledgment especially in the most advanced sectors of technological research in architecture so that such a powerful innovation process, such as the digital one, can be governed and not suffered; so that it is not the “specialism” linked to the digital universe that “dictate the line” in the development of a new, necessary balance between the man and his environment. In particular, the scientific disciplinary sector of Architectural Technology, born in Italy in the context of the first building industrialization, today seems to have a second chance – linked to the progressive acquisition of digital approaches and technologies – to codify, elaborate and spread a new technological culture of the project necessary to deal responsibly with the various emergencies facing the planet today.

References

- Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, US.
- Ciribini, A., (2019), *Il cantiere digitale*, Esculapio, Bologna, IT.
- Corsini, L. and Moultrie, J. (2019), “Design for Social Sustainability: Using Digital Fabrication in the Humanitarian and Development Sector”, *Sustainability*, vol. 11, p. 3562.
- Claypool, M. (2019), “Discrete Automation”, *Becoming Digital, e-flux Architecture magazine*, available at: <https://www.e-flux.com/architecture/becoming-digital/248060/discrete-automation/> (accessed 2 February 2020).
- Goodhouse, A. (2017), *When Is the Digital in Architecture?*, Sternberg Press, Berlin, DE.
- Gramazio, F., Willmann, J. and Kohler, M. (2014), *The Robotic Touch: How Robots Change Architecture*, Park Books, Zurich, CH.
- Retsin, G. (2019), *Robotic Building: Architecture in the Age of Automation*, Detail Editions, Munich, MC.
- Retsin, G. (2016), “Discrete and Digital”, *Proceedings of the 77th Annual Convention and Expo: 2016 TxA Emerging Design + Tech Conference*, Texas Society of Architects, San Antonio, TX.
- Russo Ermolli, S. (2020), *The digital culture of Architecture*, Maggioli, Sant’Arcangelo di Romagna, IT.
- Testa, P., Lunn, G. and Owen Moss, E. (2017), *Robot House: Instrumentation, Representation, Fabrication*, Thames & Hudson, London, UK.

19 The basic equipment for this scenario is: three collaborative robots (Universal Robots UR10, with a max payload of 10kg and 1300 mm of max reach); one tracked AGV (Automated Guided Vehicle) with an onboard sensing system; lidar and proximity sensors; one design station.

20 The paragraph title is a quote of the homonymous David Bowie song from the album “The next day” (2013).

21 This definition, repeated several times by the Genoese architect, is given for the first time by Piano in his speech in 1998 after winning the Pritzker Prize.

22 The reference is to Alessandro Manzoni’s novel “I promessi sposi” and the famous and unflattering author’s description of the character Don Abbondio.

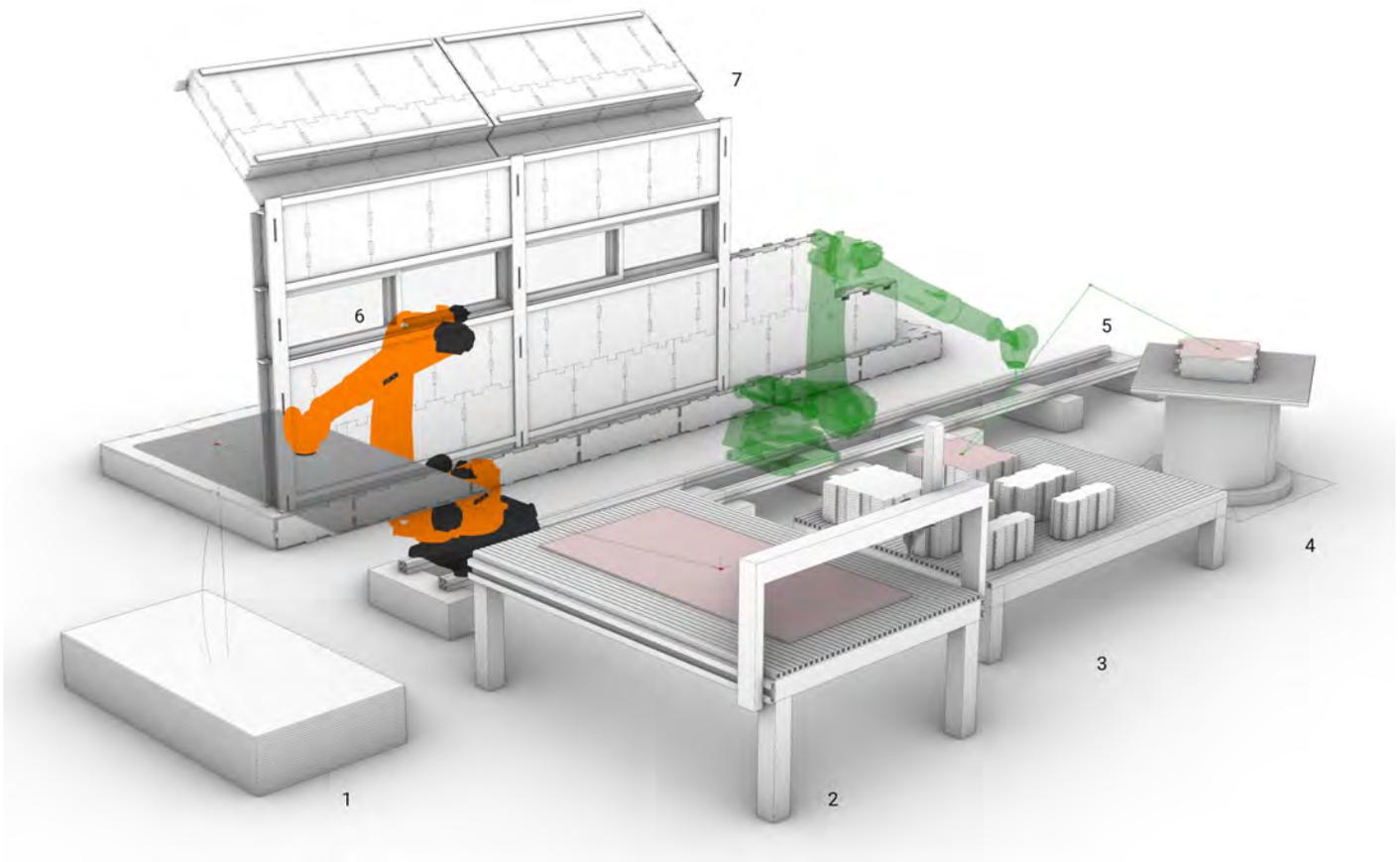


Fig. 2

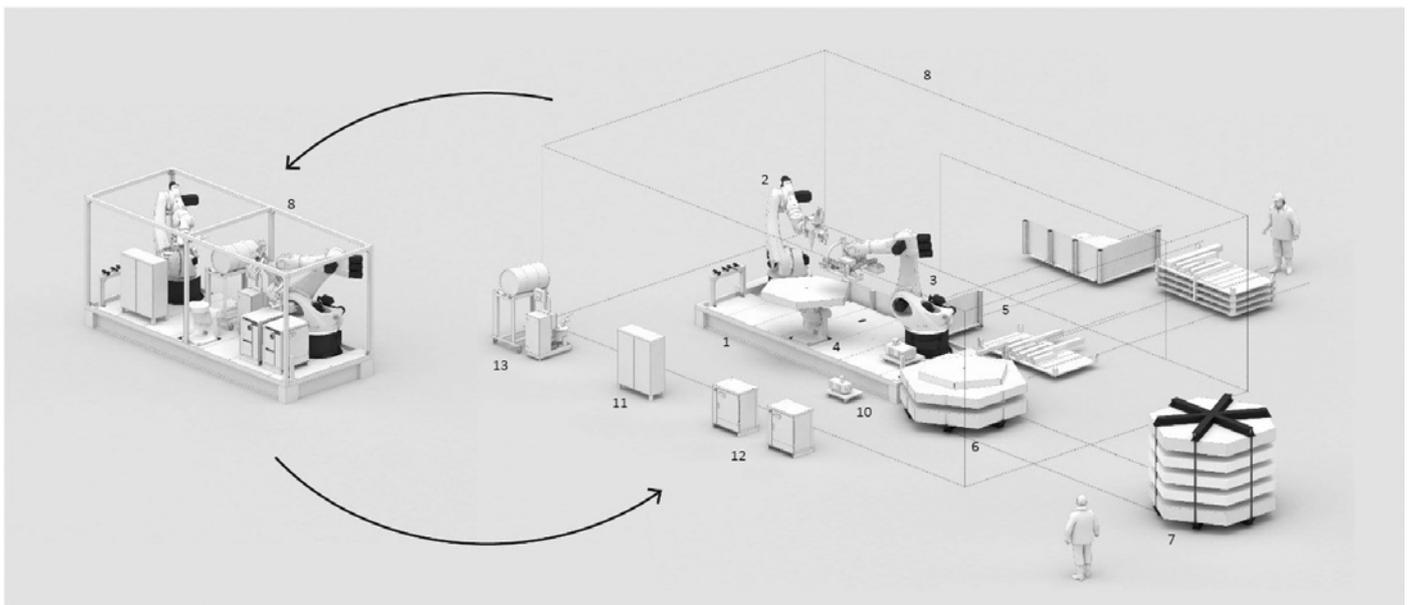


Fig. 3

Fig. 1 - En l'an 2000" or "Visions de l'an 2000", 1910, picture by French illustrator Villemard. Source: https://www.slideshare.net/timbuckteeth/learning-30-and-the-smart-extended-web/6-Work_2000httpwwwsabotagetimescomlifeavisionofthefuturefrom1910_Villemard

Fig. 2 - Simulation of a digital, automated construction process through robotic arms. [1]Material feeding station;[2]3 axis milling machine;[3] Worked parts;[4]Building component assembly station; [5]Robotic arm track;[6]6 axis robotic arm;[7]Building construction. Credits: Roberto Cognoli

Fig. 3 - Flexible and transportable robotic timber construction platform. Source: Hans Jakob Wagner et Al. Flexible and transportable robotic timber construction platform, in Automation in Construction, SET 2020

NEW FUNCTIONAL BEHAVIOURS FOR SUSTAINABLE BUILDING SKIN

MATERIAL BIOMETIC FEATURES FOR OUTER ENVELOPE

Francesca Giglio¹

Abstract

The digital revolution can be an enabling factor for the transition to the circular economy model, by changing the interpretation of sustainability paradigm itself. Environmental concerns push the adoption of biomimetic approaches to develop applications within the building sector too. The paper describes a study to identify the biomimetic features of smart materials suitable for applications in building skins. The study relates the material biomimetic functional features through a gauge inspired by Biomimicry Design Lens and the fallouts on the circular economy targets

Keywords: Biomimetic feature, Biomimicry, Building envelope, Circular economy, Performance, Digital innovation

¹ dArTe - Department of Architecture and Territory, Mediterranean University of Reggio Calabria, francesca.giglio@unirc.it

Digital innovation, Circular economy, biomimicry: the scientific debate

The transition from linear to circular approach deeply involves all the economy processes, while the fourth industrial revolution is bringing disruptive innovations at both macro and micro scales. The diffusion of advanced materials potently fuels these shifts, which requires the revision of most of the currently adopted technological paradigms (MATTM and MISE, 2017). The Digital Revolution may indeed bear new materials and technological solutions capable of improving indoor conditions and reducing the building impacts on the environment (IEA, 2017). Digitalization can therefore be an enabling factor for the transition to the circular economy model.

At the same time, since the digital transformation will radically alter all dimension of global societies and economies, it could even change the sustainability paradigm itself, instead of – or in addition to – provide the means for settling the sustainability challenges.

In order to integrate a balanced development, the Digital Revolution threats, opportunities, and dynamics should be however harmonized with the sustainability goals of the UN 2030 Agenda and the Paris Agreement engagements (TWI2050).

The WBGU¹ Report “Towards Our Common Digital Future” (2019) highlights three “Dynamics of the Digital Age”, which are intended as heuristics but illustrating three different, but acute needs for action:

1. Digitalization of Sustainability
2. Sustainable digitalized societies
3. The future of homo sapiens

All three are already emerging in parallel, albeit with different levels of intensity, so not following a strict chronological sequence. Each dynamic consists of multiple pathways involving different technology trajectories (WBGU, 2019, TWI2050, 2019).

The first one particularly addresses effective, sustainable and intrinsically low-impact models and strategies, making nature the first source of knowledge to feeding this change. This means that many nature-mimicking innovations could be developed, enabling alternative solutions to the current ones. This is the reason

why Biomimicry is identified as one of the Circular Economy main pillars (MacArthur Foundation, 2016), thanks to its learning and exploration-based approach, rather than on the nature domination and exploitation. Within this pathway, Biomimicry emerges as a «new science that studies nature’s models and then imitates or takes inspiration from these designs and processes to solve human problems» (Benyus, 1997).

Environmental concerns strongly push the adoption of the biomimetic approach to develop a wide range of applications within the building sector too. There are a number of interesting developments in the field of biomimicry that would benefit from further translation into industrial applications. Many of these focus on studying the ability of organisms to sense and react to their environment, with the goal of applying the same principals to the development of smart materials (GMIS, 2019). According to the Center for Smart Materials and Structure (CSMS) smart materials are defined as «materials that sense and react to environmental conditions or stimuli (e.g., mechanical, chemical, electrical, or magnetic signals)». In architectural definition, the term “Smart materials” is applicable to materials and systems that can reactively adapt to changes in indoor environments through material properties or material synthesis. Smart materials are often considered a logical extension of the development trajectory of materials towards more selective and specialised performance. From this vision, they are similar to the behaviour of living beings, performing both sensing and actuating functions and are able to adapt to changes in the environment. Intelligent materials can therefore change themselves in response to an external stimulus or respond to the stimulus by producing a signal of some type (Mohamed, 2017). Compared to these definitions, many smart materials can be included in the field of Biomimicry, for various applications, including, in the building sector, the architectural envelope.

Even though more and more severe functional and environmental requirements are pushing to biomimetic solutions, they are still a very heterogeneous and quickly changing area of innovation, especially concerning their applications in building envelopes, which are the more promising in the construction sector. According to Kapsali (2016) «Biomimetics can support the path towards the circular economy by offering both conceptual and

¹ WBGU is an independent, scientific advisory body to the German Federal Government set up in 1992 in the run-up to the Rio Earth Summit

practical strategies, including ways of creating information-rich materials that transcend the current digital/physical boundaries and advanced sustainable technologies for manufacture».

The open problems

Making envelopes adaptive and responsive to both exterior and interior changing conditions, is a new stimulating aim for the architecture, as it enables overpassing their traditional concept of static barrier between the outside environmental dynamics and the shifting indoor wellbeing requirements. The exploitation of the materials and devices allowing these features however needs their properties are identified, as well their performances and effects. Having available a set of effective taxonomy criteria of operation and in use behavior of those materials is thus a needful preliminary means to assess their possible purposes.

In order to integrate the various component performance within a comprehensive and consistent system as the building should be, a performance-oriented design approach is required (Hensel, 2010).

The methodology

The study aims at relating the biomimetic feature for building envelope and the related fallouts on circular economy targets.

Aiming at reaching this goal, the study has developed two steps. The first step is the identification of the level of biomimetics that each material can apply. The second step addresses the taxonomy of the features the material biomimetic behaviors provide to the building envelope. This allows the mapping of the correspondence between each inspiring natural mechanism and its Biomimetic replication.

First step

The first step, considers the level of biomimetics that each material applies in replicating the biological strategies it is inspired by. According to the literature (Benyus, 1997), three Biomimicry levels can be recognized, respectively concerning:

1. organization: the intuitive imitation of a natural shape;
2. behavior: the reproduction of a natural process;
3. system: the replication of the living organisms working principles.

For the purposes of this study, level 2 has been chosen as it refers to mimicking the operating behaviour an organism adopts in changing its settings to adapt to the surrounding conditions.

Second step

A criterion has been shaped aiming at classifying the features provided to building envelope by the material biomimetic behaviours. Nine types of biomimetic features have been identified, as well as the biological and biomechanical processes that inspire them. The identified types are:

- photocatalytic;
- thermoregulatory;
- adaptive;
- shape optimizing;
- self repairing;
- self assembly;
- stimuli responsive;
- antireflecting.

The mechanism replicated in manufactured products is so recognized, referring to the bio-functionality it provides (Tab. 1).

Biomimetic features	Biomimetic replication of the natural mechanism in artifacts (Physical/Mechanical)
Photocatalytic	Reduction of pollutants accumulation and adhesion on surface, using titanium dioxide as a photocatalyst triggering their faster decomposition
Thermoregulation by self shading	Automatic control of the building envelope heat loss and gain under changing of external conditions, by the sunlight operated modulation of the facade glazing transparency
Thermoregulation by passive pigmentation	Temperature operated tinting variation by phase change materials or photochromic coatings sensitive to the incident sunlight.
Adaptivity	Materials integrating sensors and feedback mechanism inspired to human cells multi scale architectures, allowing them to adapt according to environmental conditions
Optimize shape	Biological tissues are created out of many cells joined together in a specific sequence, in order to produce high synergic performances and resilient behavior, as the easy replacing of a damaged cell without loss of function of the whole assembling.
Self repair	Self-repairing principle have an application for concrete, consisting of embedding repair material in hollow fibers added to the matrix at the mix production stage.
Self cleaning	Surface coating of specially formulated nanoparticles consisting of soluble lipids incorporated in a polyester wax matrix, which reaches an extreme water repellency (superhydrophobic).
Self assembly	The basis of SAM (Self Assembly Monolayer) is that specific chemicals can be mixed in low concentration solutions and then quickly sprayed at low cost onto a substrate giving surfaces superhydrophobic or superhydrophilic characteristics.
Stimuli responsive	The ability to transition from hard to soft is achieved through the re-arrangement of microfibers within the material itself.
Antireflecting	Surface Coatings by acrylic resins improving the conversion efficiencies of crystalline silicon solar cells

Tab. 1

In order to point out the biomimicry outcomes possibly influencing the building sustainability, a crossing mapping have been finally drawn relating the Biomimetic materials features and the six major life's principles of Biomimicry Design Lens (Biomimicry, 2015).

This aims at shaping an indicator to estimate the potential level of sustainability carried into the building by biomimetic design, material and devices, thus allowing to check the environmental friendliness of a certain biomimicry application (Tab. 2).

The performance indicators identified for the related biomimetic behavior are:

- material efficiency;
- use of renewable energy to power buildings;
- lower energy content;
- energy efficiency;
- reducing resources needs;
- optimisation of end-of-life of the materials;
- better-performing materials.

A comprehensive environmental balance cannot be established yet, due to the lack of information regarding the impacts embodied into the device and relating its manufacturing process. The device effects on the building environmental features are nevertheless identified and on these bases the material attitude for integrating circular economy principles are thus recognized. A further next study could be useful for the application of performance indicators to smart materials related to different biomimetic behaviors for the building envelope, in order to obtain quantitative and qualitative data useful for the advancement of research, verifying the relationship between digital technologies and biomimetic behavior.

Conclusions

Focusing on biomimetic materials for building envelope applications, this study relates the material functionalities with both the biomimicry principles they apply and the environmental sus-

tainability features they provide the building, in terms of attitude to integrating circular economy principles.

Providing biomimetic functionalities the building envelope emerges as a very promising mean to enable its adaptive behaviors, thus increasing its sustainable operating in the evolving context of digital innovation.

Since the exploitation of these devices needs a preliminary identification of their performances and outcomes, some effective classification criteria are provided, able to assess their supplied features.

The performance indicators obtained from the relationship between biomimetic behavior and biomimicry design lens, highlight the need to use digital devices that allow the envelope to respond to increasingly heterogeneous environmental performance in relation to the complexity of environmental conditions and the resulting needs for comfort. The indicators can therefore highlight the ambivalent need both for qualitative/quantitative data to measure the circular economy, in terms of processes and products, and for advanced building technologies enabling the envelope to behave adaptively and reactively over time through the principles of biomimicry. However, currently, different positions emerge in scientific literature about the place of biomimetic materials within both circular economy and sustainable/advanced building strategies.

Acknowledgments

A special thanks is due to Prof. Ernesto Antonini² University of Bologna, with whom the research was carried out, some of the results of which have been published in the paper.

References

- Benyus, J. (1997), *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Morrow, New York, NY.
- Global Manufacturing e Industrialization Summit (2019) Biomimicry: Nature Inspired Technology, report
- Hensel M.U. (2010), "Performance-oriented Architecture - Towards a Biological Paradigm for Architectural Design and the Built Environment", *FORMakademisk*, vol. 3, n.1, pp 36-56.
- IEA (2017), Annual Report, Digitalization and Energy. Paris, France: IEA.
- Kapsali, V. (2016), *Biomimicry for Designers: Applying Nature's Processes and Materials in the Real World*, Thames & Hudson, London, UK.
- MATTM-MISE (2017), Verso un modello di economia circolare per l'Italia, Documento di inquadramento e di posizionamento strategico, Plan.ed, Roma.
- Ellen MacArthur Foundation (2016), *Circularity in the Built Environment: Case Studies*, A compilation of Case Studies from the CE100, p. 72.
- Mohamed, A. S. Y. (2017), "Smart Materials Innovative Technologies in Architecture: Toward Innovative Design Paradigm", *International Conference – Alternative and Renewable Energy Quest, AREQ 2017*, 1-3 February 2017, Energy Procedia, Spain, vol. 115, pp. 139-154.
- TW2050 - The World in 2050 (2019), *The Digital Revolution and Sustainable Development: Opportunities and Challenges*. Report, The World in 2050 initiative. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- WBGU (2019), Report, *The Sustainability Transformation in the Digital Age*, Berlin.

² Ernesto Antonini, Full Professor in Architectural Technology, Department of Architecture, University of Bologna

Biomimetic features	Principles of Biomimicry Design Lens					
	Adapt to changing conditions	Be locally attuned and responsive	Use life-friendly chemistry	Be resource efficient (material and energy)	Integrate development with growth	Evolve to survive
Photocatalytic	Material efficiency					
Thermoregulation	Use of renewable energy to power buildings Lower energy content					
Adaptivity				Energy efficiency		
Optimize shape	Reducing resources needs					
Self healing						Optimisation of end-of-life of the materials
Self cleaning				Material efficiency		
Self assembly				Material efficiency		
Stimuli responsive						Better-performing materials (advanced materials discovery)
Antireflecting				Lower energy content		

Tab. 2

Tab. 1 - Biomimetic replication in artifacts of the natural mechanism.

Tab. 2 - Crossing mapping of Biomimetic features and the six major principles of Biomimicry DesignLens for validating the indicators by a comparative assessment of the material's performances.

ACTIVE ASSISTED LIVING

SOLUZIONI PERSONALIZZATE PER LE RESIDENZE DEGLI ANZIANI INDIPENDENTI

Tiziana Ferrante¹, Luigi Biocca², Teresa Villani³**Abstract**

Il costante aumento della popolazione anziana e il relativo stato di salute richiedono specifiche soluzioni per l'invecchiamento attivo e indipendente, tra cui modelli di residenzialità innovativi che integrano tecnologie digitali e di Active Assisted Living. Il presente contributo esplora le azioni strategiche proposte dai programmi di ricerca europei AAL e dalla partecipazione ai progetti finanziati HOST e STAGE esplicitando alcune linee-guida per sistemi integrati alloggio-servizi e possibili soluzioni fondate su tecnologie 'leggere', diffuse e a basso costo per l'Active ageing

Keywords: Active Assisted Living, Ageing in Place, Co-designing, Modelli residenziali innovativi, Funzioni smart

¹ PDTA - Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, tiziana.ferrante@uniroma1.it

² ISPC - Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, BHLab, CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche, luigi.biocca@cnr.it

³ PDTA - Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, teresa.villani@uniroma1.it

Introduzione

Il progressivo invecchiamento della popolazione e la necessità di garantire uno stato di salute in linea con quanto evidenziato dalla *World Health Organization* (WHO, 2015) – identificabile non più come incidenza di malattie, ma come mantenimento del benessere psicofisico e relazionale anche in presenza di patologie – richiedono soluzioni tecnologiche appropriate per sostenere l'invecchiamento attivo e indipendente degli anziani nel proprio domicilio.

Non a caso, uno dei pilastri del *WHO Policy Framework for Active Ageing* (WHO, 2002) riguarda la messa a punto di soluzioni per rendere gli alloggi adatti ad accompagnare la persona nelle diverse fasi della vita.

Anche a livello europeo è stata intrapresa una specifica strategia e un Piano di Azione (2012-2020) che, in sinergia con le misure sulla salute, promuove un'azione trasversale (dai governi alle società) e una sezione dedicata agli interventi sul patrimonio abitativo, volta ad accrescere la qualità di vita dell'anziano in termini di miglioramento del livello di salute, autonomia e partecipazione sociale.

A tali provvedimenti, si associa l'orientamento sempre maggiore verso il modello delle *smart cities*, con l'introduzione di nuove tecnologie finalizzate a produrre anche innovazione sociale grazie all'adozione di dispositivi in grado di facilitare l'uso, la fruizione e la gestione di ambienti *indoor* e *outdoor* che attengono alla sfera residenziale dell'anziano.

Un modo quindi evoluto di assisterlo nell'era digitale, durante le azioni quotidiane e nei rapporti con la comunità e che richiede una maggiore riflessione sulle interazioni tra ambiente costruito/integrazioni domotiche e di *Active Assisted Living*/qualità della vita, ormai sempre più in relazione al ruolo del co-design e dello *user centered design* inteso come approccio fondamentale alla partecipazione diretta degli anziani alle scelte di orientamento tecnologico di prodotti e servizi in base alle proprie esigenze e a un utilizzo sempre più immediato, semplice

e intuitivo secondo un processo bottom-up.

Innumerevoli sono le innovazioni nei settori produttivi del *Senior Smart Home*, che si pongono come attenti interpreti di una domanda diversificata in rapporto alla continua ridefinizione delle esigenze degli utilizzatori finali, in ragione delle loro specificità.

Innovazioni che implicano una convergenza nell'uso di dispositivi tecnologici avanzati, intelligenti e interattivi con il contesto domestico, atti a sostenere e migliorare la qualità della vita degli occupanti rispetto alle dimensioni tangibili e intangibili di un ambiente (Mohammadi, 2010). Si tratta di prodotti domotici e ICT che rappresentano un segmento di mercato emergente e strategico che incide in modo determinante sulla cosiddetta *Silver Economy*¹ e che ha contribuito allo sviluppo di una nuova industria capace di generare valore sociale, anche attraverso il contributo sinergico tra il settore della ricerca & sviluppo e quello produttivo.

Soluzioni che possono "guidare" e "assistere" l'anziano nelle attività che attengono la sfera domestica, la fruizione di servizi di quartiere e la frequentazione di spazi pubblici e che possono incidere positivamente sullo sviluppo di nuovi modelli residenziali supportati da tecnologie di base, "leggere", per tutti.

Dispositivi *smart* che, nella prospettiva della trasformazione digitale, siano tutti in grado di acquisire ed elaborare dati provenienti dalla realtà dell'abitare e comunicarli in un'ottica di rete, ma allo stesso tempo essere fruibili in modo facile e intuitivo.

Le evoluzioni di queste dinamiche dovrebbero ripartire da ciò che, già a partire dagli anni novanta, venne definito come *Calm Technology* (Weiser and Brown, 1995): una tecnologia che scompare dietro lo sfondo degli ambienti di vita e con cui l'anziano può interagire in maniera spontanea, senza focalizzare l'attenzione sullo strumento utilizzato, ma solo sugli obiettivi di supporto all'invecchiamento attivo e sulle azioni da perseguire.

In questa direzione sono poche e sporadiche le sperimentazioni praticate in Italia, quasi tutte realizzate nell'ambito dei

¹ In Italia la *Silver Economy* vale circa 123 miliardi di euro e il 40% del PIL. Produce oltre 1 milione di posti di lavoro; i settori più trainanti sono la sanità e l'assistenza sociale, i trasporti, i viaggi, la cultura e il tempo libero, ma grande rilevanza occupano anche l'edilizia e le nuove tecnologie (domotica, teleassistenza, comunicazione, ecc.). Fonte: Centro Studi Itinerari Previdenziali su dati ISTAT, 2017.

Contratti di Quartiere dei primi anni 2000², che hanno previsto la riqualificazione di aree degradate attraverso nuovi alloggi anche per anziani, dotati di tecnologie a supporto dell'indipendenza nel proprio domicilio.

Al contrario a livello europeo, a partire dal 2008, il Programma di ricerca AAL (*Active Assisted Living*) ha contribuito a dare un grande impulso verso la realizzazione di modelli residenziali pensati per combinare design inclusivo e funzionalità proprie di un insieme di tecnologie digitali, per rendere più accessibili e gestibili i servizi domestici e di assistenza alla persona, con il risultato di un maggiore controllo sull'ambiente, una migliore efficienza energetica e un generale incremento della sicurezza e del benessere abitativo.

Proprio nella prospettiva di un nuovo modello di abitare *Ageing in Place*, il presente contributo propone alcune linee d'indirizzo ispirate da una selezione di progetti AAL finanziati, tra cui due che hanno visto la diretta partecipazione di uno degli autori.

Dai risultati di tali progetti gli autori auspicano un approccio orientato soprattutto alla dotazione diffusa di un livello tecnologico, ordinario e a costi accessibili.

Supportare quindi il processo di digitalizzazione della residenza che potrà dirsi consolidato nel momento in cui i dispositivi/sistemi raggiungeranno un'acceptabilità sociale anche nel mercato della *Silver Economy* e la loro diffusione a larga scala ne permetterà l'abbattimento dei costi di acquisizione, anche attraverso finanziamenti pubblici dedicati.

Metodologia

A partire da alcune ricerche condotte nell'ambito del programma europeo AAL e dai relativi risultati riscontrabili attraverso casi studio in termini di tecnologie assistive per la terza età, il contributo intende fornire indirizzi progettuali per implementare i sistemi digitali di base per la residenza, per realizzare e gestire ambienti in cui le esigenze organizzative ed economiche degli anziani possano convivere con un incremento della qualità abitativa.

L'attenzione riguardo a questo particolare ambito di finanziamento europeo è motivata dall'introduzione (come criterio di finanziabilità delle ricerche) di una diretta partecipazione degli utenti anziani nella definizione delle soluzioni finali attraverso un'attività di co-design, nonché di successive verifiche (test periodici) per affinarne l'uso intuitivo.

Un'ulteriore motivazione risiede nel criterio di rilevanza dei progetti AAL rispetto al grado di penetrabilità/competitività sul mercato dei prodotti/servizi finali a costi accessibili e rivolti a una fascia più ampia possibile di utenti anziani.

Al fine di una efficace restituzione (in termini di *best practices*) dei risultati della ricognizione effettuata sui progetti realizzati dal 2008 ad oggi, sono stati individuati due macro-raggruppamenti di soluzioni tecnologiche digitali integrate all'alloggio che identificano gli ambiti di applicazione più ricorrenti.

Il primo fa riferimento alle *tecnologie digitali per il supporto dei servizi alla persona* (sanitari, assistenziali, didattici, per il tempo libero, ecc.) integrati con servizi esterni alla residenza. Dispositivi e sistemi informatici per incentivare l'anziano a svolgere attività che implicano la fruizione dei servizi al di fuori dall'ambiente domestico, connessi a operatori pubblici e privati o alla rete sociale del vicinato, tutti caratterizzati dall'innovazione tecnologica al servizio dell'innovazione sociale.

Il secondo comprende le *tecnologie digitali di base per la*

qualità della vita negli spazi abitativi sia attraverso l'uso di materiali smart per la fruizione agevole e sicura dell'alloggio, sia attraverso il relativo incremento di prestazioni (sistemi tecnologici e impiantistici per il risparmio energetico, l'illuminazione, ecc.).

Per ognuno dei due macro-raggruppamenti sono stati selezionati dagli autori i progetti più innovativi secondo il criterio fondamentale ipotizzato che privilegia prodotti più facilmente e velocemente applicabili a una realtà abitativa definita "diffusa", ovvero a basso costo e alta penetrazione in un mercato *smart* fatto di soluzioni "leggere".

Le politiche europee orientate all'innovazione: progetti realizzati nell'ambito del programma europeo AAL per l'abitare indipendente e proattivo

AAL è un programma di ricerca europeo basato sull'art. 185 del Trattato UE e avviato sin dal 7° Programma Quadro con bandi annuali di finanziamento per SME, enti di ricerca e associazioni di utenti anziani, il cui comune denominatore è rappresentato da tecnologie innovative di assistenza agli anziani over 65 in ambiente domestico.

Le tematiche hanno incluso i settori delle telecomunicazioni, informatica, nanotecnologie, microsistemi, robotica e nuovi materiali, per un totale di 13 Call e circa 300 progetti finanziati.

La finalità e le applicazioni diffuse dell'*Active Assisted Living* mirano pertanto a potenziare l'offerta di prodotti e servizi agli anziani all'interno del contesto residenziale in connessione con i rispettivi servizi di quartiere e urbani, individuando una serie di obiettivi specifici tra cui:

- prolungare il periodo di vita a casa propria, aumentando autonomia, auto-stima e capacità funzionali;
- aiutare gli anziani a mantenere lo stato di salute;
- promuovere uno stile di vita più salutare per le persone a rischio;
- migliorare la sicurezza per prevenire l'isolamento sociale e supportare il mantenimento di una rete plurifunzionale attorno alla persona;
- aiutare le organizzazioni assistenziali e le famiglie;
- migliorare l'efficienza e la produttività delle risorse utilizzate in una società che invecchia.

I progetti finanziati coprono temi specifici, multidisciplinari o complementari. Prevalgono gli ambiti della salute (Call 1, 2014, 2016 e 2020), dell'indipendenza nella vita domestica (Call 5, 2015, 2017), della autodeterminazione sociale (Call 2 e 3) e dell'integrazione dei prodotti/servizi per l'invecchiamento attivo (Call 2018, 2019). Altri riguardano più specificatamente mobilità (Call 4) e occupazione (Call 6).

A titolo esemplificativo e in relazione all'obiettivo prefissato dal presente contributo si riportano i risultati di due progetti tra i più innovativi riconducibili al primo macro-raggruppamento individuato (selezionati nell'ambito delle Call 1, 2, 3, 4, 2014 e 2015) e altri due significativi per il secondo macro-raggruppamento (Call 4, 5 e 2015).

Per le *tecnologie digitali per il supporto dei servizi alla persona* risulta significativo il progetto *Streaming of Theatre and Arts for old aGe Entertainment* – STAGE – Call 2015, coordinato da uno degli autori, il cui obiettivo è rappresentato dalla realizzazione di una piattaforma ICT intuitiva per la fruizione in streaming, da una rete culturale europea, di eventi culturali che includono spettacoli teatrali e d'opera, concerti ed esposizioni museali (Fig. 1).

2 Tra gli altri i più significativi sono stati San Samuele a Cerignola, Bari, San Miniato a Siena e Foro Boario a Pinerolo, Torino. Per quest'ultimo il CNR ha collaborato alla stesura di una griglia di tecnologie raccomandabili, suddivise in due gruppi di primo e secondo livello in base alle classi di esigenza.

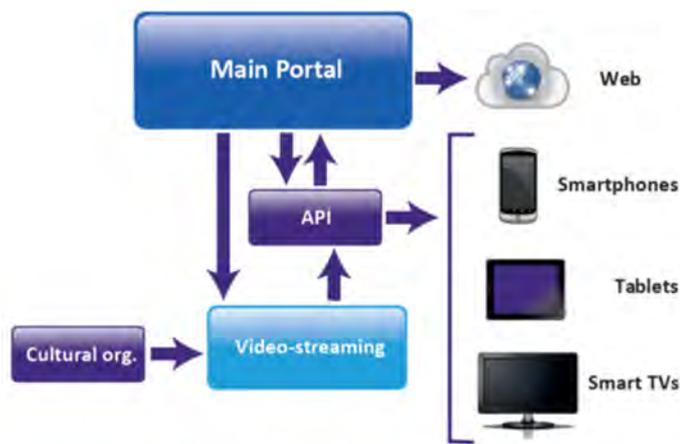


Fig. 1

Inoltre il coinvolgimento sociale è stato stimolato attraverso l'implementazione di un *social network* dedicato agli anziani.

La piattaforma STAGE, realizzata in co-design con anziani e *provider* di eventi culturali, collegata a normali dispositivi (tablet, smartphone, ecc.) permette di scegliere eventi singoli o pacchetti di eventi ed esplorarne i contenuti informativi tramite l'uso della funzione *e-learning*.

Per il funzionamento necessita di una normale connessione domestica alla rete e può configurarsi come un *hub* di servizi culturali e di intrattenimento al proprio domicilio, abbattendo le possibili barriere alla partecipazione diretta (scarsità di infrastrutture e trasporti, problemi di salute/mobilità personale e/o di accesso economico).

Nell'ambito dello stesso macro-raggruppamento si ritiene significativa anche l'esperienza del progetto HOST – Call 3³, incentrata su tecnologie e servizi di facile uso per anziani domiciliati in alloggi sociali, che propone un modello europeo di “alloggi connessi” tramite supporti digitali, anche in collaborazione con specifici fornitori e operatori di edilizia residenziale (Fig.2).

I partner del progetto hanno sviluppato quindi un'infrastruttura digitale per alloggi sociali, fornendo tecnologie e servizi *user-friendly*, con l'obiettivo di codificare gli standard europei del social housing per anziani, includendo anche servizi offerti direttamente alla persona o alla sua ristretta comunità.

L'infrastruttura permette di accedere da casa a nuovi servizi, a contenuti digitali (immagini, registrazioni vocali, documenti) e a informazioni fornite dal gestore. Sviluppa inoltre nuovi usi per gli spazi comuni in modo da sostenere le relazioni interpersonali/sociali e nuove abilità.

Il processo di co-design ha coinvolto comunità anziane partecipanti nell'ambito di numerosi siti sperimentali che hanno condiviso le fasi di sviluppo del “pacchetto HOST” (servizi attivati tramite accordi con strutture locali che operano sul territorio). Il risultato è un sistema integrato alloggio-servizi che include quattro macro-categorie di servizi che tentano di istituire un sistema omogeneo in Europa per la gestione dell'abitazione dell'anziano ai diversi livelli qui sotto esplicitati:

- gestione domestica un per accesso proattivo dell'utente alle informazioni sulla struttura residenziale (costi, interventi di manutenzione, scadenze, ecc.) con la possibilità di *tutoring* tra i residenti, innescando nuove occasioni di socializzazione;
- relazione diretta con la “rete di supporto” locale, per la gestione di una lista di contatti di fornitori di servizi per la gestione domestica, condivisibili tra anziano, parenti / conoscenti, operatori di social housing, e associazioni no

profit;

- manutenzione della casa e delle parti condominiali, per consentire all'anziano di contattare il gestore attraverso l'apposita piattaforma, segnalare malfunzionamenti e richiedere servizi di manutenzione a professionisti abilitati (elettricisti, idraulici, ecc.);
- accesso a servizi di *e-commerce* tramite procedure semplificate, per consentire scambi di informazioni commerciali tra operatori del settore, server di housing sociale e anziani tramite un'interfaccia *user-friendly*, per eseguire acquisti in ambiente protetto. La gestione degli ordini processati e gestiti dagli operatori implica anche la predisposizione di depositi e aree comuni dedicati alle consegne, che necessitano di specifiche soluzioni di tipo distributivo-funzionale.

Passando alle *tecnologie digitali di base per la qualità della vita negli spazi abitativi* sia attraverso l'uso di materiali *smart* per la fruizione agevole e sicura dell'alloggio, sia attraverso il relativo incremento di prestazioni dei sistemi tecnologici e impiantistici per il risparmio energetico, l'illuminazione, ecc. è interessante segnalare il progetto *Guiding Light* – Call 4.

Si tratta di un sistema di illuminazione intelligente che aiuta le persone a mantenere i ritmi delle attività spazio-temporali e la mobilità nelle loro residenze, stabilizza l'orientamento personale secondo il ritmo circadiano e la navigazione spaziale con guida personalizzata dell'attenzione. Le potenzialità della luce vengono usate anche come segnale informativo e/o stimolo per la memoria in modo da attenuare il rischio di caduta e contenere la ridotta capacità di orientamento dovuta all'età.

Il sistema è in grado di cambiare l'intensità luminosa e la temperatura di colore dell'illuminazione degli ambienti in base ai tempi e ai movimenti monitorati dell'anziano: vengono contestualmente monitorati i parametri di mobilità (movimenti all'interno e all'esterno della residenza che rappresentano anche un importante indicatore di salute) e i dati raccolti vengono utilizzati dal sistema per modificare la programmazione delle variazioni di luce, in base alle abitudini degli occupanti. È prevista anche l'integrazione con l'impianto di illuminazione esistente, a cui vengono aggiunte apparecchiature intelligenti non complesse.

Sempre restando nell'ambito di applicazione delle tecnologie digitali di base al servizio della residenzialità, di grande rilievo, soprattutto per l'approccio olistico, sono i risultati del progetto gAALaxy – Call 2015 che prevede l'unione di soluzioni che supportano gli anziani negli spazi di vita, combinando l'automazione domestica con prodotti e servizi AAL.

Tra i principali risultati si cita il sistema AAL *ready Smart Home*, modulare e adattabile alle fasi di invecchiamento dell'utente.

Pertanto, con il coinvolgimento degli anziani, gAALaxy valorizza il potenziale non sfruttato delle soluzioni AAL esistenti combinando in modo intelligente soluzioni singole, tecnologie affidabili e facilmente controllabili e un pacchetto di servizi basato sulla domanda di mercato.

L'impatto delle soluzioni sul sistema edilizio è minimo: gAALaxy prevede un *gateway* residenziale che ruota attorno alle normali tecnologie di automazione domestica implementate attraverso l'integrazione di tecnologie AAL per l'accesso ai servizi sociali di assistenza telefonica.

Conclusioni

Le esperienze descritte evidenziano come la realizzazione di un habitat in grado di sostenere l'invecchiamento attivo può essere raggiunto con il supporto di soluzioni personalizzate per

gli anziani indipendenti che implicano l'uso di tecnologie AAL. Residenze da predisporre per essere facilmente integrate con dotazioni tecnologiche “leggere”, efficaci, non invasive, basate sui requisiti del “facile, comodo e sicuro utilizzo” e tali da incentivare l'uso di servizi esterni (vedi primo macro-raggruppamento di soluzioni tecnologiche digitali) e di agevolare le attività domestiche (vedi secondo macro-raggruppamento).

È possibile quindi favorire un processo di digitalizzazione diffusa nel settore delle costruzioni proprio a partire dall'integrazione di funzioni *smart* per i servizi pertinenti all'abitazione e il suo contesto di appartenenza.

Dispositivi che devono fondarsi sull'efficacia, la sostenibilità economica e la necessità di un'integrazione dell'anziano nel tessuto attivo della collettività.

La vera sfida è, però, fare in modo che i traguardi sinteticamente illustrati attraverso gli esempi non restino isolate sperimentazioni di eccellenza, ma siano ampiamente diffusi per favorire un'innovazione tecnologica al servizio dello sviluppo sociale.

Quanto sopra descritto necessita di investimenti strutturali, formazione degli operatori (oltre che degli utenti), professionalità nuove, coinvolgimento di tutti gli attori che gravitano intorno al tema dell'invecchiamento attivo.

L'auspicio è che l'introduzione di soluzioni AAL e più in generale di tutta la tecnologia assistiva possa essere più pervasiva al crescere dell'abilità tecnologica delle generazioni, consentendo a tutti di disporre di soluzioni sempre più “leggere”, personalizzabili e a costi accessibili per l'utilizzatore anziano e sostenibili per il mercato dei produttori.

References

- Biocca, L., Paraciani, N., Picenni, F., Padula, M., Caruso, G., Chiariglione, R., Kowalska, A., Florea, M. and Kapouranis, I. (2017), “The STAGE project: tailored cultural entertainment for older adults via streaming technology”, *Human Aspects of IT for the Aged Population. Applications, Services and Contexts*, Third International Conference ITAP, Vancouver, CAN, pp. 487-500.
- Ferrer, J. G. (ed.) (2017), *Ict and Housing for Elderly in Europe. Host Project Conclusions*, Editorial Tirant Lo Blanch, Malaga, ES.
- gAALaxy (2017), *The gAALaxy project website*, available at: www.gaaxy.eu
- Guiding Light (2011), *Guiding Light website*, available at: <http://guidinglight.labs.fhv.at/>
- Host (2014), *The HOST project website*, available at: <http://www.host-aal.eu/>
- Mohammadi, M. (2010), *Empowering seniors through domotic homes: integrating intelligent technology in senior citizens' homes by merging the perspectives of demand and supply*, Technische Universiteit Eindhoven, Department of Built Environment, Eindhoven, NL.
- Stage (2016), *The STAGE project website*, available at: <http://stage-aal.eu/en/>
- Weiser, M. and Brown, J. S. (1995), *Designing Calm Technology*, Xerox PARC, 21December 1995., California, USA. Retrieved July, vol.1, p. 2013.
- World Health Organization (2015), *World Report of ageing and health*, available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186463/1/9789240694811_eng.pdf.
- World Health Organization (2002), *Active Ageing. A policy framework*, available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67215/WHO_NMH_NPH_02.8.pdf?sequence=1&isAllowed=y

host Principles underlying the proposal

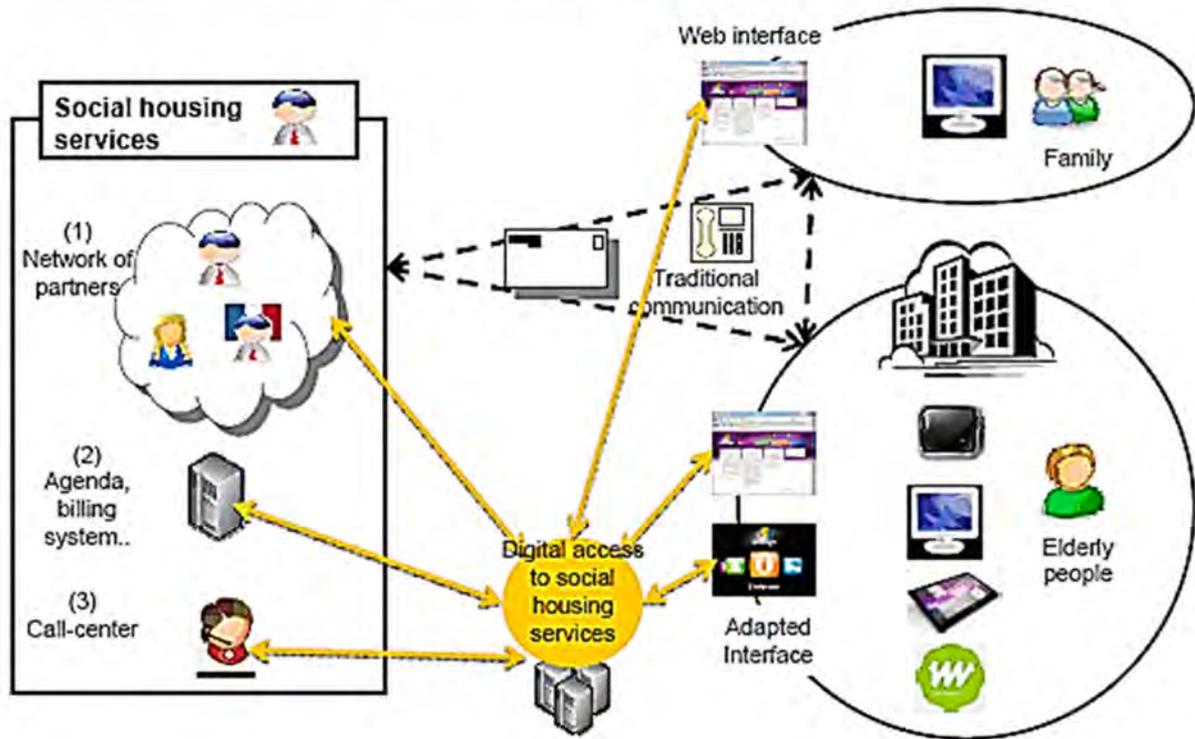


Fig. 2

Fig. 1 - Sviluppata per essere facilmente accessibile attraverso la metodologia del co-design partecipato dagli utenti anziani, la piattaforma STAGE è compatibile con i sistemi operativi e i dispositivi più diffusi ed è sviluppata utilizzando linguaggi di programmazione *open source* e API (*Application Programming Interface*) per garantire l'interoperabilità. La piattaforma adotta Drupal 7 Content Management Framework e utilizza MySQL come sistema di gestione di database open source; è inclusa anche un'opzione per acquistare l'accesso agli eventi tramite pagamenti online facilitati. Fonte: STAGE Project Brochure, available at http://stage-aal.eu/images/communication/STAGE_brochure.pdf

Fig. 2 - La piattaforma è un'infrastruttura digitale per il social housing con un gateway per i servizi, finalizzata a:

- stimolare gli anziani all'autonomia nelle scelte che privilegiano soluzioni *self-service*;
- migliorare la vita degli anziani negli alloggi sociali attraverso l'infrastruttura digitale in grado di fornire un accesso ottimale ai servizi ICT e facilitare la comunicazione con e tra i propri fornitori e la "rete di sostegno" della famiglia e dei servizi locali, sia pubblici che privati.

La piattaforma offre tecnologie e servizi di facile utilizzo per una migliore qualità della comunicazione, sperimentando un modello europeo di "appartamenti connessi" attraverso diverse tipologie di supporti (immagini, testo, voce, documenti). Fonte: BioResult, available at: <https://www.bioresult.it/it-it/Ricerca-e-innovazione/Progetti>

COMBINATORIAL DESIGN: DESIGNING COLLABORATIVE MODELS FOR CONSTRUCTION

Mollie Claypool¹, Gilles Retsin², Manuel Jimenez Garcia³, Clara Jaschke⁴, Kevin Saey⁵

Abstract

The paper introduces and discusses “Toolkit for Collaborative Construction”, an Augmented Reality (AR) tool for Modern Methods of Construction (MMC) developed out of the authors’ research on and implementation of novel combinatorial design methodologies using a engaged scholarship, or values-centred, approach to automation. The paper outlines both the wider context of the integration of automation into processes of the built environment and the development and prototyping of the Toolkit as a set of technologies and workflows towards a novel approach to MMC that is localised and community centered.

Keywords: Combinatorial, Augmented Reality, Automation, Modern Methods of Construction, Collaborative Production sidenziali innovativi, Funzioni smart

¹ The Bartlett School of Architecture, UCL - University College London (UK), m.claypool@ucl.ac.uk

² The Bartlett School of Architecture, UCL - University College London (UK), g.retsin@ucl.ac.uk

³ The Bartlett School of Architecture, UCL - University College London (UK), manuel.garcia@ucl.ac.uk

⁴ The Bartlett School of Architecture, UCL - University College London (UK), c.jaschke@ucl.ac.uk

⁵ The Bartlett School of Architecture, UCL - University College London (UK), kevin.saey.18@alumni.ucl.ac.uk



Fig. 1

Introduction

At the core of the authors' research at The Bartlett School of Architecture's Automated Architecture Labs (AUAR Labs), and the spin-off consultancy Automated Architecture Ltd. (AUAR), is an ambition to change the way in which we build by utilising a values-centred approach of engaged scholarship, establishing new processes of collaboration in two ways. The first is by using co-design between non-expert or specialist users of digital design and assembly workflows, and the second is through interfaces of human-machine interaction through rethinking traditional construction workflows to enable use of these tools by non-experts.

A reconsideration of these workflows is necessary as the construction industry internationally is among the least digitised and has been experiencing an industry-wide productivity lag since the mid-20th century (Bughin et al., 2016). Existing Modern Methods of Construction (MMC, an umbrella term encompassing both off-site construction technologies and novel on-site technologies (Nawi et al., 2014)) that aim to rejuvenate the sector by implementing automation and prefabrication – such as companies Bryden Wood, Urban Splash TopHat in the UK, or Katterra in the US – generally centralise their production in off-site factories, disconnecting their systems from the contexts they are deployed in, and alienating local communities and trades further through the use of centrally deployed 'installation crews'. In combination, these factors result in MMC being seen as displacing local jobs, which in turn leads to resistance and scepticism as well as limited localised capacity for MMC (Mean et al., 2017), and can be considered to be further exacerbated by the fact that automation tends to affect those who are already disadvantaged more significantly (Benjamin, 2019; Eubanks, 2018).

With the "Toolkit for Collaborative Construction", the authors present a participatory approach to Augmented Reality (AR) and MMC systems for housing in the form of a platform for local communities of both lay and trades people to engage with these technologies, and create knowledge for the design and realisation of contextualised MMC housing solutions. This paper presents both the "Combinatorial Design" App and its accompanying MMC system Block Type A, designed in-house to facilitate the technical portion of the Toolkit, as well as its collaborative design development through two community-based groups of project participants.

Methods

The ambition and novelty of Block Type A consists of its use of a highly reduced family of combinatorial elements for the design and construction of structures of any scale, from pavilions to family homes. Discrete elements are universal "LEGO blocks" that can be assembled in a number of different ways to generate different outcomes using the same, self-similar elements, or what is referred to as a "kit of parts" (see Figure 1). The key concept the system follows is that of "digital materials" as defined by Gershenfeld and Popescu (2009), meaning the reversible assembly of a discrete set of components, based on a logic of serialised repetition. This approach was developed by AUAR Labs through three design research projects at the scale of 1:1 pavilions for the Tallinn Architecture Biennale (2018), Royal Academy (2019), and the case study project ALIS (Automated Living System). Discrete elements can vary in size, but will typically retain one scale across a system which is adaptable

throughout its life cycle as a building. Block Type A elements are entirely digitally fabricated "boxes" assembled from six pieces of CNC'd sheet timber, with internal frames for stability and predefined, repeating holes for connections between blocks. The system uses a mix between global and local (or discrete) post-tensioning with steel rods, nuts, and bolts for rapid construction (see Figure 2), a method that does not require specialist training.

This approach is underpinned by the Combinatorial App, a web application that can be used on mobile and desktop with an intuitive interface that acts as the design space of a modelling software (see Figure 3), enabling the user to design their Block Type A structure, and an AR App using Unreal Engine, a physics engine by the gaming company EPIC Games.

The Combinatorial App features a straight-forward 3D environment that can be navigated and interacted with using arrow buttons. The placement and movement of elements has been designed to be intuitive – the zoom function is activated by pinching two fingers towards or away from each other on mobile, or scrolling the mouse wheel up and down on PC. The AR feature of the toolkit is used to overlay assembly instructions or robotic toolpaths on the physical environment. To this end the team developed a communication pathway between Unreal Engine and industrial robots, whose paths as well as predicted outcomes are then visualised in ARCore. Where possible, structures devised on the application can therefore be assembled using robots. Alternatively, the AR feature can also instruct steps for manual assembly of the elements.

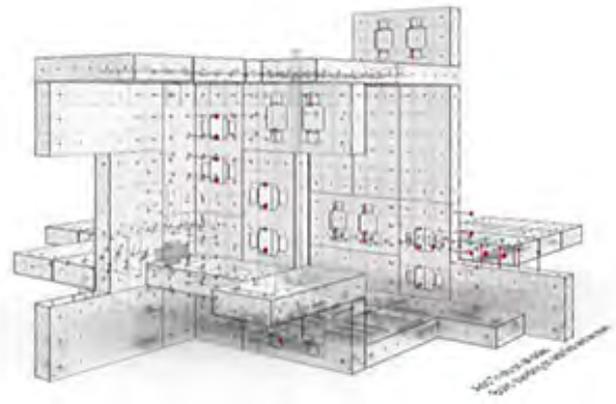


Fig. 2

The technical components of the Toolkit hence afford an accessible, one-stop-shop tool that can be used for modelling, as well as materialisation and customisation in real time, linking together computational design and digital fabrication in a new way, achieving a fully-integrated virtual to physical workflow interface. By improving accessibility to MMC products in this way, the Toolkit for Collaborative Construction aims to democratise their use and implementation in local settings, and to empower collaboration with the community through responding to their needs and reducing cultural barriers to MMC and automation.

To develop this component of the Toolkit in a manner that is holistically inclusive and participatory, and to facilitate accessibility and incentivise discussions around automation and housing in communities, AUAR/AUAR Labs have been holding

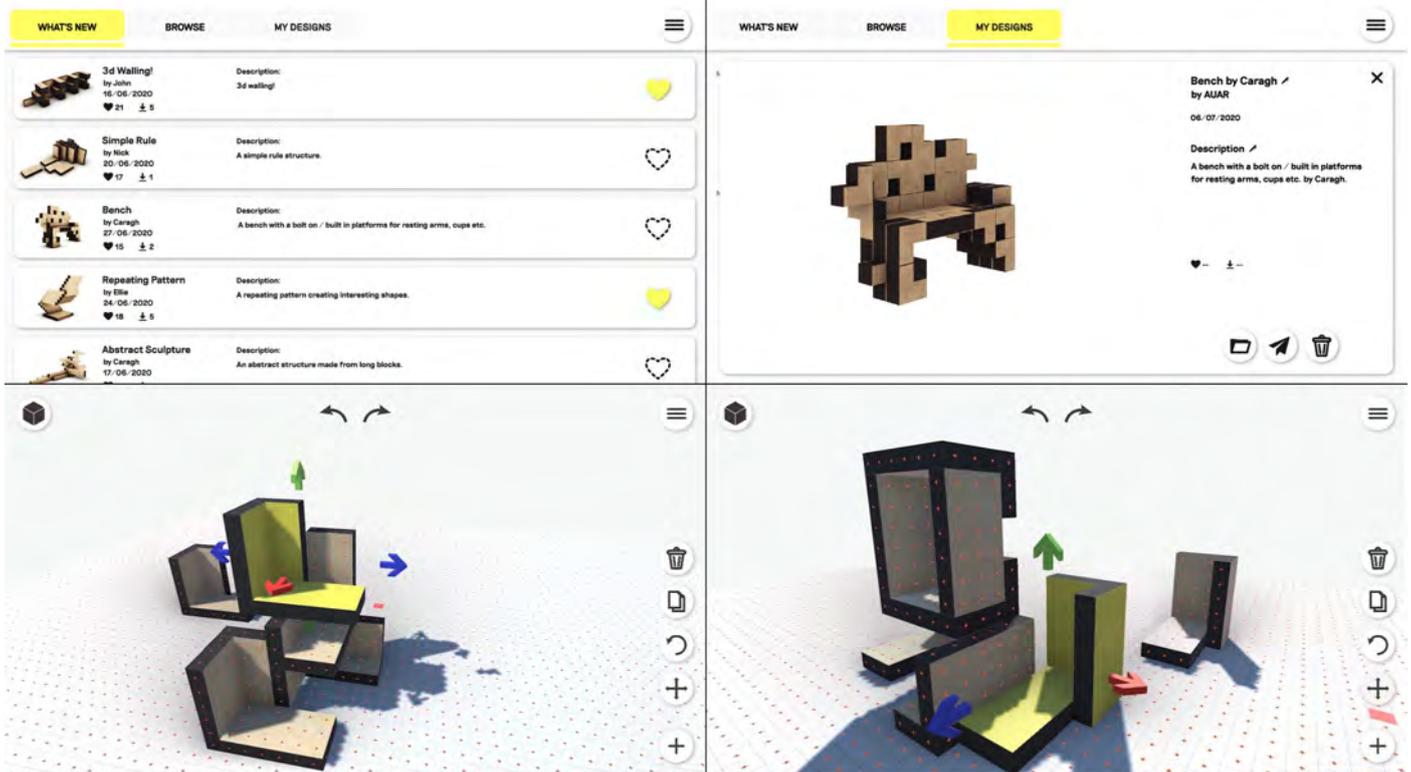


Fig. 3

workshops of varying formats over the past year.

An initial series of two workshops titled “Housing with Automation” held in UCL’s facilities in Hackney, East London in mid-2019 and early 2020 invited local council representatives, building craft students and community representatives to express their views on and learn about automation in construction, and co-design activities held within, surrounding, and alongside a 1:1 Block Type A structure to be realised by AUAR in late 2020. These workshops, designed by AUAR Labs in collaboration with social scientist Claire McAndrew and participatory artist Caroline Williams, constituted a two-stage process towards a meaningful integration of the local community into the design process of the prototype.

The workshop series “Making Together” in partnership with Knowle West Media Centre (KWMC), Bristol, was then devised to test both the technical architecture and accessibility of the Toolkit by engaging with non-experts interested in digital housing production, using insights obtained from the exchange and collaboration with the Hackney cohort as starting points for conversations and activity planning. Knowle West is a council-built estate situated in Bristol, south-west United Kingdom. Its 13,000 inhabitants have a high level of disadvantages and in-work poverty, as well as a prevalence of low-skill, low-productivity jobs of the kind often cited as at risk from automation. At the same time, the area has a high number of people in the construction trades, and is actively looking for means to solve its social and economic issues. Knowle West therefore provided an ideal testing ground, as it faces circumstances similar to a number of regions in the UK and across Europe and North America. The Media Centre supports and facilitates projects and collaborations in the community, and also operates The Factory, a making and training space offering access to digital manufacturing technologies such as CNC machines.

The workshop series was held in two modalities, one version for trades people, and one for the wider community. In a first “taster workshop” on 22 February 2020 (see Figure 4), attendees participated in a range of activities centered around perceptions

of technology and living spaces, such as conceptualising and building their “dream robot” prototype for their home, and thinking about their own requirements for a house, such as the minimum space needed for functions like cooking, sleeping, etc. and the ideal layout of a house. Through these activities, a culture of discussion was formed that makes potentially charged topics such as automation accessible through familiar concepts.

287

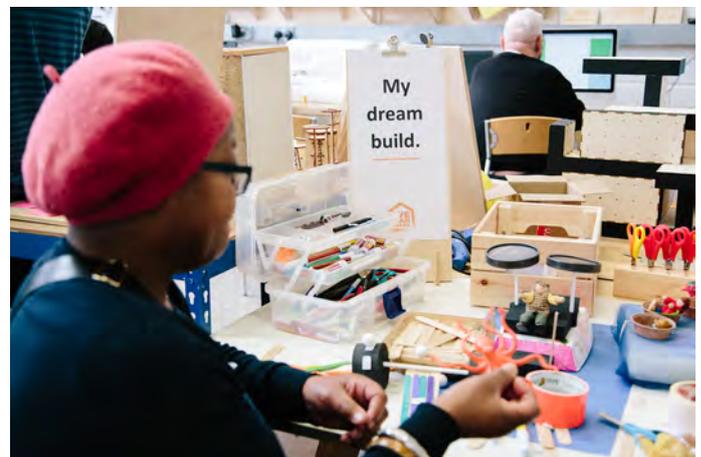


Fig. 4

Given the current global COVID-19 crisis, the rest of the workshop series had to be moved online. Both cohorts attended a set of four further workshops virtually, developing understanding of and interaction with the Toolkit through tasks tailored to the respective skillsets, and ultimately designing their own structures using the Combinatorial App. In each workshop, the participants were given task sheets to fill out and engage with the ideas of the Toolkit. For the community participants, this was initially focused around their homes, whereas the trades participants were asked to think about the tools they use in their work, and how the associated processes and movements could be ‘encoded’. Through these tasks, and an introduction to and questions about automated technologies, the foundation was laid

for a better understanding of the opportunities the Toolkit can provide both for the single participant, and the wider potentials of AR and MMC in the industry. The workshop series culminated in an exhibition on Mozilla Hubs, in which the participants showed 1:1 virtual prototypes of their designs, and shared their thoughts on the Toolkit and learning experience via embedded audio files (see Fig. 5).

The second set of workshops was then focused around delving into the architectural logic of discrete systems in general and Block Type A. Participants physically built their own structures using model blocks delivered to them by AUAR Labs, with the goal to think about how they would change their homes, and designed their own building components to be made out of sheet timber and fabricated using CNC machines. Having familiarised themselves with the Toolkit's building structure, participants were then introduced to the Combinatorial App platform and its interface through a set of tutorials prepared for them. The app features a straight-forward 3D environment that can be navigated and interacted with using arrow buttons. The placement and movement of blocks has been designed to be intuitive – the zoom function is activated by pinching two fingers towards or away from each other on mobile, or scrolling the mouse wheel up and down on PC. This process was continuously assisted by AUAR Labs staff through Q&A and support sessions on Microsoft Teams, and reflected on in cohort discussions on Teams or Zoom. The tasks increased in complexity over time, and the participants were asked to either individually or in a group design various structures related to their work or home, respectively – these ranged across scales from small pieces of furniture to entire living spaces. This set of workshops was from the start conceptualised to also include the physical collaborative build of a structure based on the participants' designs in front of Knowle West Media Centre – due to the pandemic, this was initially postponed but will go ahead in autumn 2020.

Results & Discussion

The Toolkit for Collaborative Construction constitutes an accessible, engaged scholarship, or values-centred, approach for the increased adoption and localised application of automated technologies and MMC. While the Combinatorial App included in it presently only supports the MMC Block Type A developed by AUAR, further development steps will be undertaken to allow for the integration of other MMC systems, which will be necessary to make broader adoption of the Toolkit possible. Regarding the technical portion of the Toolkit, participants from both recent cohorts reported finding designing with the Combinatorial App a comparatively intuitive process after introduction to it through AUAR team members. However, the participants also highlighted the importance of the ongoing tech support throughout the project, particularly because some experienced problems accessing the App through certain Internet browsers, and/or hardware compatibility issues.

Naturally, the necessary move from in-person to virtual application and development of the Toolkit for Collaborative Construction also significantly altered the trajectory of the project. In this regard, participants reported some problems due to the new workshop mode, however these were mostly limited to unfamiliarity with the platforms used to host the sessions, e.g. Zoom and Teams. The final exhibition from the first set of workshops was well received as a community event, and in general participants from both cohorts emphasised their enjoyment of the collaborative spirit in both the design work and surrounding discus-

sions. Some differences could be pinpointed in the experiences of the trades cohort compared to the community group – as one participant worded it in their feedback, “people from different backgrounds ask different questions”.

Participants in the community group were given kits to build physical blocks, and reported these were more straight-forward to work with than the App. Regarding the MMC system itself, this cohort reported that the discrete nature of Block Type A was very helpful insofar as they only had to consider one geometry and could therefore focus better on the design of their objects and spaces. Furthermore, the feedback also included that using the same element for different functions helped the participants question standard processes and procedures, and look for novel ways of solving problems. Among the challenges reported by this cohort besides technical issues were understanding the limitations of the system virtually and physically, and difficulties of communication due to the remote working situation. All participants emphasised that they much preferred collaborative over individual design tasks, with one participant stating, “we are the community designing!”, but would have preferred to be able to share ideas face to face. Participants also stated that they had gained confidence to combine the new skills acquired in the project with their existing skill sets in designing, manufacturing and constructing spaces.

The trades cohort also emphasised the value of the collaborative processes and their ability to highlight and complement participants' different professional backgrounds, with the participatory approach bringing together logical/mathematical thinking oriented and creative/artistic viewpoints. This diversity, according to one participant, in conjunction with the workflow of the Toolkit, moved the focus away from “getting it right” to generating new ways of thinking, because the approach allows for diversity and flexibility instead of standardisation. This participant felt that working with the Toolkit gave them ‘permission to challenge the conventional and be more involved with the design’. Another participant, who works as a builder, stated that working with the App allowed them to think differently about design workflows and looked forward to integrating some of their new skills into their construction work. The changing scales and interactivity of the system were also mentioned positively, especially both with regards to their capability to bring people together in public spaces in an agile manner, and to diversify the physical world through the digital.

A general perspective presented in the feedback from the cohorts was a desire to connect in person and participate in the physical realisation of a Toolkit structure when the COVID-19 situation allows for this. Due to the pandemic, the construction part of the project as well as the inclusion of robotics and AR in it had to be postponed, but the AUAR team facilitated discussion and knowledge transfer around this regardless through online discussions, virtual demonstrations and presentations; participants stated that following this, they were also interested to further the conversation around human-machine collaboration, and automated technologies in construction.

Conclusion

Modern Methods of Construction promise faster and cheaper workflows for the built environment, but in their present iterations tend to neglect the need for localised, participatory approaches to foster acceptance of and engagement with new technologies by professionals and the public alike. AUAR/AUAR Labs work argues for an implementation of automation in the

AEC industries that emphasises the collaboration between human and technology in a manner that produces complementary workflows. By utilising easily accessible materials such as sheet timber and offering frameworks that can be fabricated without the need for specialised factories or skill sets, modular solutions popular in MMC systems can become part of the construction sector already local to the place they will be deployed in, strengthening the local economy and shortening production chains. Through training and empowering trades people and communities to explore such technologies in values-centred knowledge transfer sessions, the Toolkit for Collaborative Construction can open up discussion and adoption of “truly digital” (Popescu and Gershenfeld) workflows from design to construction.

Furthermore, the ambition to provide a truly accessible platform for MMC processes necessitates the design of such processes in a manner that allows for intuitive engagement with them – placing at the forefront a user’s values – rather than complicated interfacing of a number of different soft and hardware solutions. Given the comparatively early stage of its development in relation to the user experience, it can be concluded that the Toolkit for Collaborative Construction can provide a “one-stop shop” solution for design and assembly, offering an integrated system for sustainable, affordable construction that is community-based through the Block Type A system. In next steps, the construction part of the Toolkit will be tested in a test build in Knowle West, Bristol, UK. Furthermore, to facilitate a more mainstream adoption of this approach, future developments will implement the ability to support other MMC systems on the Combinatorial App.

References

- Benjamin, R. (2019), *Race After Technology: Abolitionist Tools for the New Jim Code*, Polity Press, Cambridge, UK.
- Bughin, J., Hazan, E., Labaye, E., Manyika, J., Dahlström, P., Ramaswamy, S. and de Billy, C. C. (2016), *Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefit*, McKinsey Global Institute Report, June.
- Eubanks, V. (2018), *Automating Inequality – How High-Tech Tools Profile, Police and Punish the Poor*, St. Martin’s Press, New York, USA.
- Mean, M., Whitw, C. and Lasota, E. (2017), “We Can Make: Civic Innovation in Housing”. We Can Make, available at: <https://issuu.com/knowlewestmedia/docs/wecanmake> (accessed 10 July 2020).
- Nawi, M. N. M., Hanifa, F. A., Kamar, K. M., Lee, A. and Azman, M. A. (2014), “Modern Method of Construction: An Experience from UK Construction Industry”, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(5), pp.527-533.
- Popescu, G. A. and Gershenfeld, N. (2009), “Digital materials”, *Massachusetts Institute of Technology*, pp.16-19, available at: https://www.researchgate.net/profile/George_Popescu4/publication/228430160_Digital_Materials/links/56aa26c508ae7f592f0f2145/Digital-Materials.pdf (accessed 16 July 2020).

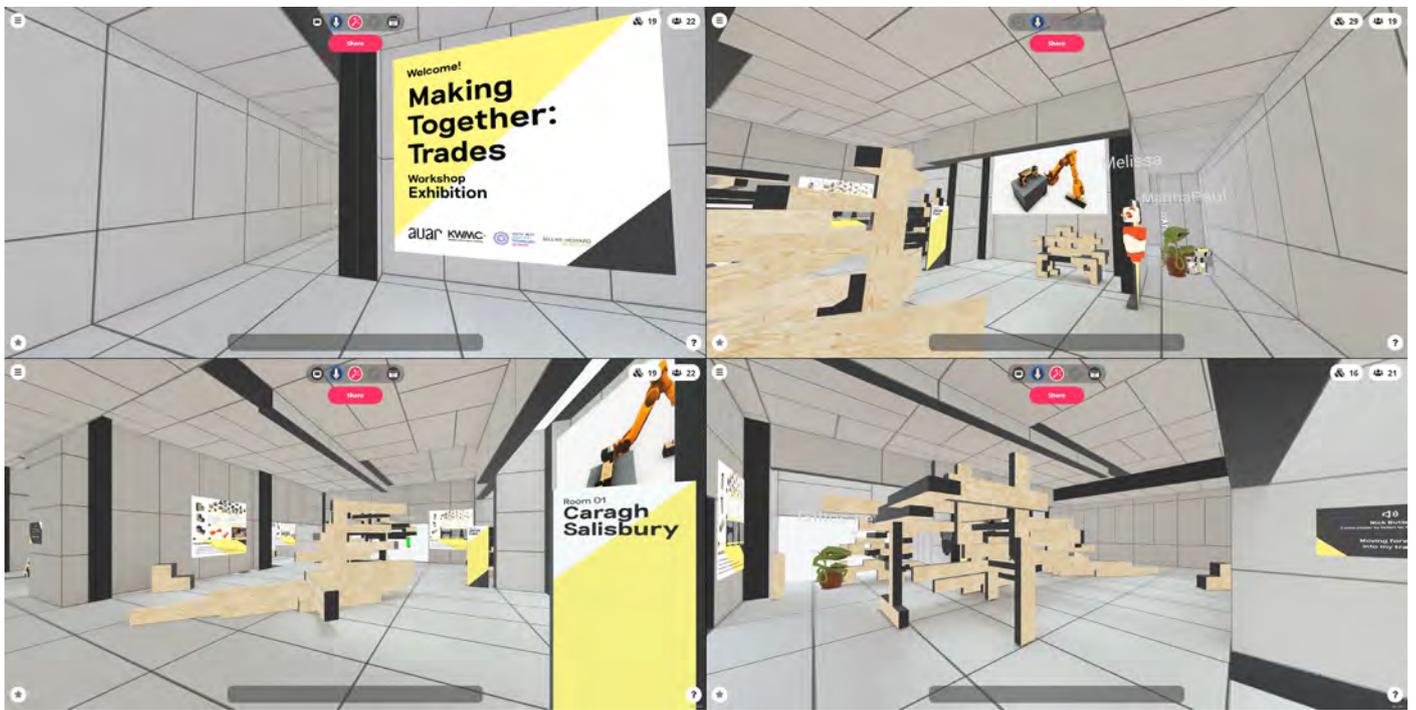


Fig. 5

Fig. 1 - Examples for Block Type A assembly possibilities. Credits: Authors

Fig. 2 - Block Type A structure with steel rod connections (red). Credits: Authors

Fig. 3 - Combinatorial App Interface. Credits: Authors

Fig. 4 - 'Making Together' Taster Day at Knowle West Media Centre, Bristol, February 2020. Credits: Authors

Fig. 5 - 'Making Together' virtual exhibition, July 2020. Credits: Authors

IMPARARE DA VAIA

IL CASO DELLA “TEMPESTA VAIA” NELLE ALPI ORIENTALI COME OCCASIONE PER LA MESSA A PUNTO DI UNA STRATEGIA DI RECUPERO E VALORIZZAZIONE DEL LEGNAME ABBATTUTO A CAUSA DI EVENTI CLIMATICI ESTREMI

Massimo Rossetti¹, Francesca Camerin²

Abstract

Il paper intende affrontare il tema della valorizzazione del legname abbattuto a causa di eventi climatici estremi sul patrimonio boschivo; in particolare, il paper intende focalizzarsi sugli effetti della “tempesta Vaia” che ha colpito le Alpi Orientali nel 2018, sulle sue conseguenze ambientali e sulla gestione della cospicua disponibilità di legname da essa derivata, anche in riferimento alle innovazioni tecnologiche disponibili e al positivo andamento del settore delle costruzioni in legno, in particolare per quanto riguarda l’edilizia prefabbricata.

Keywords: Cambiamenti climatici, Gestione forestale, Costruzioni in legno, Edilizia prefabbricata, Strumenti digitali.

¹ Dipartimento di Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, rossetti@iuav.it

² Dipartimento di Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, fra.camerin@gmail.com



Fig. 1

Introduzione

Nell'autunno del 2018 ampie zone delle Alpi Orientali sono state interessate da un evento senza precedenti nel territorio montano italiano. Una tempesta di dimensioni fino ad allora sconosciute, successivamente denominata "Vaia", ha colpito intere aree boschive comprese tra Lombardia orientale, Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli, provocando ingenti danni di tipo ambientale ed economico per quanto riguarda sia le comunità locali che gli operatori della filiera legno. Un evento di tali proporzioni ha, di conseguenza, sollevato diverse questioni, tra le quali come intervenire per preservare il patrimonio boschivo italiano e come utilizzare il legname abbattuto. Il *paper* intende quindi indagare in che modo oggi si possano affrontare tali temi, ricostruendo lo scenario complessivo relativo allo stato dell'arte delle costruzioni in Europa e Italia, approfondendo il settore dell'edilizia in legno, e illustrando alcune soluzioni di recente attuazione volte al miglioramento della gestione sia del patrimonio forestale, sia della filiera produttiva del legno.

Il settore delle costruzioni in Europa e Italia¹

Come noto, il settore delle costruzioni in Europa rappresenta uno dei comparti più cospicui in termini di investimenti e occupazione. Secondo i dati riportati dalla Commissione Europea, infatti, equivale a circa l'8% del PIL continentale e fornisce lavoro a circa 18 milioni di persone (European Commission, 2016).

Dati che però si scontrano con quelli relativi agli ultimi 12 anni, nel corso dei quali la crisi economica ha provocato una sofferenza di settore non riscontrabile precedentemente. Nello stesso tempo, nonostante i recenti segnali di ripresa, la situazione macroeconomica italiana non permette di guardare al futuro con ottimismo. I dati infatti parlano chiaro: l'economia italiana, a differenza dei principali paesi europei, non ha recuperato i livelli pre-crisi, unico caso assieme alla Grecia. Nel 2019, infatti, il PIL italiano si è chiuso al di sotto del 4,1% rispetto al 2007² (ANCE, 2020), e le recenti stime secondo le quali l'economia italiana nel 2020 e 2021 dovrebbe crescere in percentuale di pochi decimali (ultima tra le economie dei paesi UE) non consentono di pensare al futuro con positività. In tutto questo, la crisi del settore delle costruzioni incide non poco, a maggior ragione considerando che il suo apporto darebbe un contributo sostanziale all'intera economia italiana, dell'ordine di circa mezzo punto di PIL all'anno³ (ANCE, 2020).

I dati relativi al periodo di crisi cominciato nel 2007 non lasciano spazio a fraintendimenti: si parla della chiusura di circa 130.000 imprese, con la conseguente perdita di 642.000 posti di lavoro (ANCE, 2020). Tra tutti i sottosettori⁴ indubbiamente il più colpito è risultato il residenziale, che ha subito una riduzione del 70% dei livelli produttivi. E nonostante i più recenti indicatori evidenzino una certa continuità nella ripresa, la forte disomogeneità dei dati tra le diverse aree del paese e un clima generale di non completa fiducia impedisce di considerare il settore delle costruzioni in Italia "in sicurezza" rispetto agli effetti della crisi economica. L'unico settore che ha sempre presentato

un segno positivo è quello della riqualificazione del patrimonio abitativo, a conferma della dinamica positiva degli anni precedenti, rappresentando circa il 37% del valore degli investimenti in costruzioni. C'è però un comparto, in edilizia, che gode di buona salute: quello del legno.

Il settore del legno in Italia: l'edilizia, la filiera e la gestione forestale.

Il settore dell'edilizia in legno in Italia può presentare una situazione positiva, come si deduce dal 4° Rapporto Case ed Edifici in Legno⁵, che ne delinea lo stato dell'arte per quanto riguarda il fatturato, le aziende principali della filiera, le tecniche costruttive e la penetrazione nel mercato edilizio e immobiliare. Il Rapporto parla di un mondo in salute, in controtendenza rispetto agli altri ambiti delle costruzioni, con un fatturato, al 2018, di 724 milioni di euro, in crescita del 5% rispetto all'anno precedente (Federlegno-Assoarredo, 2020). Indubbiamente sul dato influisce l'associazione "bioedilizia-legno", che negli anni, a ragione o meno, ha raccolto sempre più consensi anche e soprattutto nel cittadino comune, che vede nell'edilizia in legno un sinonimo di salubrità, uso di materiali naturali, contenimento dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra; fattori ai quali si aggiunge una velocità di costruzione maggiore rispetto ad altre tecniche costruttive, che può tradursi in un certo contenimento dei costi.

Secondo i dati riportati nel Rapporto, il mercato dell'edilizia in legno ha consolidato la propria quota di mercato nelle costruzioni: rispetto al 2017, nel 2018 sono cresciute sia le importazioni di prefabbricati (36,6 milioni, +9,5%) e strutture in X-lam (148 milioni, +27%), che le esportazioni di case (50 milioni, +28%). L'Italia è al quarto posto in Europa (dietro a Germania, Svezia, Regno Unito, e davanti all'Austria) come produzione di prefabbricati in legno: i numeri parlano di 3.200 abitazioni, con al primo posto il Trentino Alto Adige (21%), quindi il Veneto (16%), la Lombardia (16%), e l'Emilia Romagna (8%) (Federlegno-Assoarredo, 2020).

Il Rapporto prende in considerazione 203 imprese, considerate le principali nel settore, alle quali fa capo il 52% degli edifici in legno realizzati, pari a una fatturazione equivalente al 54% del totale. Si tratta quindi di un campione significativo, che comprende diversi sistemi strutturali, quali il X-lam, il sistema a telaio, l'MHM⁶ (Massive Holz Mauer[®]), e il sistema Blockbau. L'edilizia in legno si presenta, nell'ambito del settore delle costruzioni, come uno dei settori più solidi e promettenti, anche in previsione delle tendenze future.

Ed è in tale scenario che l'evento della tempesta Vaia ha contribuito a portare alla luce questioni di forte interesse comune: la gestione delle quantità di legno abbattute e, più in generale, la situazione delle foreste e della filiera del legno, e l'apporto positivo che in tal senso possono fornire le tecniche contemporanee di produzione e lavorazione del materiale.

I temi della gestione delle foreste, dell'utilizzo del legno e della tutela della filiera di produzione sono infatti argomenti di grande importanza e attualità negli ultimi anni in Italia (Corona

1 La redazione del presente *paper* è stata conclusa prima della situazione relativa al Covid-19; i dati riportati risalgono quindi inevitabilmente al periodo antecedente.

2 A titolo di paragone, rispetto ai livelli pre-crisi la Germania ha raggiunto un valore pari a +15,5%, e la Francia a +11,3%.

3 Nel ciclo espansivo compreso tra il 1998 e il 2008 il settore delle costruzioni era cresciuto del 28,4% e il PIL del 16,1%. Attualmente, il settore in Italia incide per circa l'8% del PIL ed è collegato a circa il 90% dei settori economici.

4 I settori riportati nell'Osservatorio ANCE sono *abitazioni* (suddivise in *nuove e manutenzione straordinaria*), e *non residenziali*, suddivisi in *private e pubbliche*.

5 Federlegno-Assoarredo (20 gennaio 2020), *4° Rapporto Case ed Edifici in Legno*. I risultati del Rapporto si basano sull'indagine annuale condotta dal Centro Studi Federlegnoarredo presso le aziende associate; sono compresi i principali operatori italiani del settore delle costruzioni di edifici a struttura portante in legno.

6 Il sistema MHM è costituito dall'assemblaggio a incrocio ortogonale di tavole mediante fissaggio metallici. A differenza del sistema X-lam, non presenta componenti incollate.

and Barbati, 2010; Callegari and Zanuttini, 2011), anche a seguito di radicali cambiamenti nella struttura amministrativa di riferimento: «L'Italia ha una grandissima tradizione per quanto riguarda sia gli studi che la gestione delle foreste: un paese che godeva di un'efficiente azienda di stato per le foreste demaniali come in tutta Europa, che è stata smembrata nel 1977 e dalla quale sono nate realtà a scala regionale che sono diventate inefficienti. L'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali non c'è più, ed è stato abolito il Corpo Forestale dello Stato. Tutto questo a fronte di un quadro comunque positivo per le foreste, passate da circa il 20% al 35% della superficie nazionale, e in buona salute dal punto vista fitosanitario. All'aumento della superficie fruttante però non corrisponde un'adeguata capacità di raccolta; quindi è come avere a che fare un corpo sano, giovane e reattivo, ma non gestito bene»⁷.

Analogamente all'ambito di gestione forestale, anche sul fronte della produzione non sembra esserci un'adeguata considerazione delle necessità di filiera: «Col venir meno della figura dei forestali c'è stato un minore controllo anche sull'attività dei boscaioli, che hanno spesso utilizzato in maniera indiscriminata il materiale, attirando operatori delle filiere d'oltralpe, con segherie molto più attrezzate di quelle italiane, in grado di produrre a prezzo molto più basso, con le ovvie conseguenze negative per la filiera italiana. Si è di conseguenza distrutto il settore delle prime lavorazioni, mentre le seconde e terze lavorazioni, oggi ancora attive, sono costrette a rifornirsi dall'estero. Una situazione come questa gioca a favore dell'industria d'oltralpe, che sta iniziando a intaccare anche le seconde e terze lavorazioni, proponendosi con prodotti sempre più finiti»⁸.

La situazione appare ancora più contraddittoria se si guarda al Veneto, dove si trova uno dei principali esempi di gestione forestale della storia: «In Veneto c'è una cultura veneziana – e successivamente austriaca – all'interno della quale è nata la civiltà forestale; non ci sono foreste al mondo come il Cansiglio, pianificate da 500 anni; al massimo si trovano da 300 anni in Francia o Germania»⁹.

Temi quindi particolarmente attuali e di difficile gestione, che la tempesta Vaia ha contribuito, se fosse necessario, a sottolineare.

La tempesta Vaia: un evento senza precedenti

Tra il 28 e il 30 ottobre 2018 ampie zone delle Alpi Orientali tra Lombardia, Veneto, Trentino-Alto Adige e Friuli sono state interessate da una tempesta di intensità anomala – nella sola giornata del 29 ottobre sono state raggiunte velocità del vento pari a 200 km/h – che ha abbattuto circa 14 milioni di alberi per un ammontare complessivo di circa 8,7 milioni di metri cubi di legname, quantità equivalente alla produzione nazionale in un periodo compreso tra 5 e 7 anni. Ed è proprio il vento e non, contrariamente a quanto si crede, gli incendi, la principale causa di danni agli alberi in Europa: si stima che all'anno vengano abbattuti circa 38 milioni di metri cubi di legname (oltre il 50% del totale). Come termine di paragone, è stato stimato che il fuoco produca circa il 16% dei danni totali, quindi quasi un terzo rispetto a quelli dovuti al vento (Motta et al., 2018). Gli effetti di Vaia (Fig. 1, 2) si possono individuare in diversi ambiti: l'abbattimento di una quantità di legname molto superiore rispetto alla normale produzione annuale; lo sconvolgimento ambientale, sia come dissesti idrogeologici (smottamenti, frane, alluvioni, ecc.),

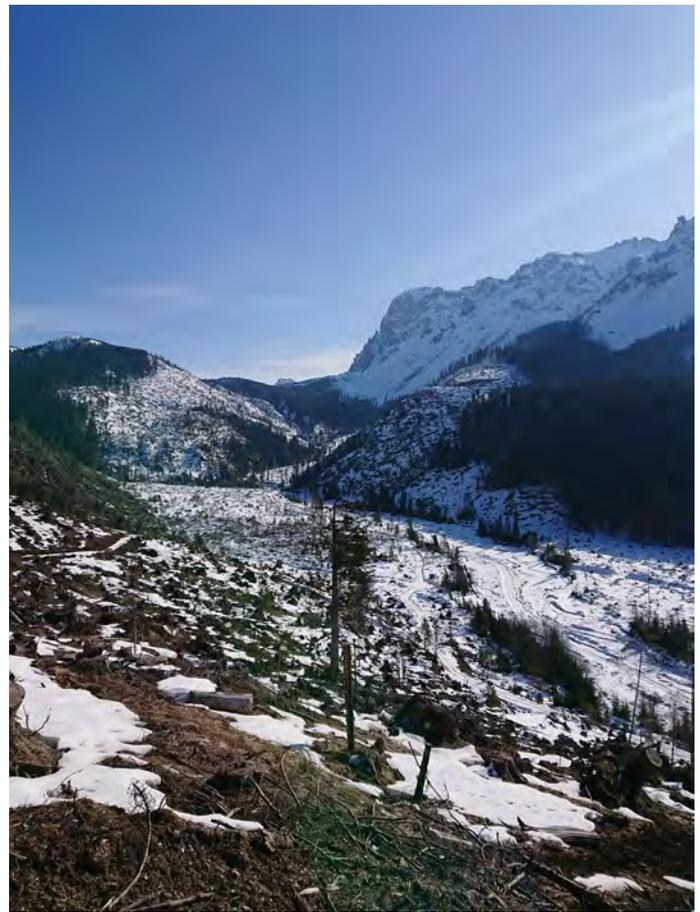


Fig. 2

sia come ecosistema; danni estesi alle infrastrutture, quali strade, linee elettriche e telefoniche; non ultimo, le ricadute sulla programmazione del prelievo di legname, con le relative ripercussioni sull'indotto per gli anni a venire (AA.VV., 2018).

Un evento di tale portata ha quindi avviato una serie di interrogativi finalizzati a individuare strategie sia per l'utilizzo del legno – in particolare in considerazione dell'aumento della frequenza di tali eventi meteorologici (Motta et al., 2018) – sia per il rinnovamento della filiera, nello specifico per quanto riguarda la valorizzazione del patrimonio boschivo, l'evoluzione delle tecniche costruttive e l'uso di strumenti avanzati e digitali. Il tema dell'utilizzo del legname prodotto da danni al patrimonio boschivo appare quindi in linea sia con il previsto aumento di eventi climatici ventosi, per i quali sono già state messe a punto linee di intervento, sia con la progressiva crescita dell'interesse verso le costruzioni in legno in Italia, che vedono un incremento nelle applicazioni, soprattutto per quanto riguarda edifici prefabbricati, attualmente al quarto posto in Europa (Mancini, 2019).

In particolare, per quanto riguarda manifestazioni climatiche estreme, il settore del legno ha ormai accettato la loro presenza: «Fenomeni del genere sono già successi in passato, ma è in tempi recenti che questi accadono con maggiore frequenza, all'incirca dall'inizio degli anni '90 del XX secolo. Di fronte a tali primi avvenimenti, chi aveva un'economia forestale più strutturata di quella italiana si è preparato per tempo; ad esempio la Svizzera ha oggi una serie di dati trentennali sulle tecniche di ricostruzione delle foreste. Per noi Vaia è stata la prima volta, e ci siamo arrivati impreparati»¹⁰.

Questi eventi, però, come detto, non si limitano a provocare conseguenze all'ambiente, bensì incidono sull'intero settore

7 Giustino Mezzalira, Direttore Sezione Ricerca e Gestioni Agroforestali Veneto Agricoltura; Agripolis, Legnaro (PD), 3 marzo 2020; intervista privata.

8 Enzo Bozza, titolare Bozza S.r.l. e Presidente del Consorzio Legno Veneto; Agripolis, Legnaro (PD), 3 marzo 2020; intervista privata.

9 Giustino Mezzalira; intervista privata.

10 Giustino Mezzalira; intervista privata.



Fig. 5

re attenzione anche agli aspetti di *Circular Economy* e di LCA. (Fig. 5 e 6).

In conclusione, l'avvento della tempesta Vaia, in considerazione dei suoi effetti e dell'elevata probabilità che eventi simili si verifichino nuovamente, anche in tempi brevi, può costituire l'occasione per un ripensamento e una riorganizzazione sia della gestione delle foreste, sia della filiera di produzione del legno, in considerazione in particolare del suo buono "stato di salute", rispetto ad altri settori delle costruzioni, e alla forte espansione dell'edilizia prefabbricata.

Ringraziamenti

Si ringraziano Enzo Bozza, titolare di Bozza S.r.l. e Presidente del Consorzio Legno Veneto, e Giustino Mezzalana, Direttore Sezione Ricerca e Gestioni Agroforestali Veneto Agricoltura, per la disponibilità e le preziose informazioni fornite per la stesura del presente articolo.

References

- AA.VV. (2018), "Le montagne ferite", *Montagne360*, dicembre 2018, pp. 64-69.
- ANCE (2020), Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni.
- Bozza, E., Cancino, E., Camerin, F., Cardelicchio, L., Incelli, F. and Rossetti, M. (2019), "Studio di unità abitative temporanee innovative in legno per accogliere gli anziani delle case di cura", in Baratta, A. F. L., Conti, C. and Tatano, V., (eds.) *Abitare inclusivo – Il progetto per una vita autonoma e indipendente*, Anteferma, Roma, IT.
- Callegari, G. and Zanuttini, R. (eds.) (2011), *Boislab. Il legno per un'architettura sostenibile*, Alinea, Firenze, IT.
- Corona P. and Barbati A. (2010), "Orizzonti operativi della pianificazione e della gestione forestale a supporto delle politiche sui cambiamenti climatici", in Sanesi, G. and Mairota, P. (eds.), *Foreste e ciclo del carbonio in Italia: come mitigare il cambiamento climatico*, Fondazione Gas Natural, Barcelona Spagna, ES.
- European Commission (2016), The European construction sector. A global partner.
- Federlegno-Assoarredo (2020), 4° Rapporto Case ed Edifici in Legno.
- Mancini, G. (2017), "L'edilizia in legno in Italia raggiunge quota 700 milioni", *Il Sole 24 Ore*, 12 luglio.
- Motta, R., Ascoli, D., Corona, P., Marchetti, M. and Vacchiano, G. (2018), "Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della 'tempesta Vaia'", *Forest@*, n. 15, novembre 2018, pp. 94-98.
- UFAM Ufficio Federale dell'Ambiente (2008), *Manuale relativo ai danni da tempesta. Aiuto all'esecuzione per far fronte ai danni alle foreste provocati da tempeste d'importanza nazionale*, Berna, CH.

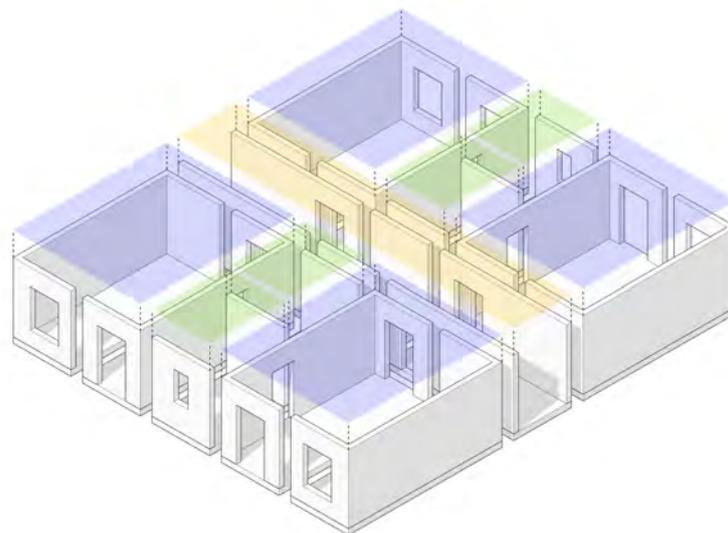


Fig. 6

Fig. 1 - Effetti della tempesta Vaia. Val Visdende, provincia di Belluno. Credits: Massimo Rossetti

Fig. 2 - Lavori di pulitura e spostamento dei tronchi abbattuti della tempesta Vaia. Val Visdende, provincia di Belluno. Credits: Massimo Rossetti

Fig. 3 - Ortofoto ad alta risoluzione di alcune zone colpite dalla tempesta Vaia. Fonte: <https://www.regione.veneto.it/web/veneto-in-ginocchio>

Fig. 4 - Software d'ottimizzazione del taglio CT Log Computed Tomography. Fonte: cortesia di Microtec S.r.l. GmbH

Fig. 5 - Progetto di unità abitative temporanee in legno dove ospitare anziani non autosufficienti in caso di riqualificazione di edifici adibiti a case di riposo. Planimetria dell'unità abitativa base. Elaborazione degli autori

Fig. 6 - Schema dell'aggregazione di base: quattro camere doppie (in blu) con bagni privati interposti (in verde) e corridoio distributivo centrale. Elaborazione degli autori

THE RECOVERY OF VALUABLE BUILDING MATERIALS, TOOLS AND MANAGEMENT STRATEGIES

Carmine Ammirati¹, Paola De Joanna², Giuseppe Vaccaro³

Abstract

The contribution investigates the potential and strategies of recovery and recycling of that fraction of C&D waste made up of fine stone material, which represents a unique resource of great economic and cultural value. Starting from the analysis concerning the areas of production and export of ornamental stone and the interest that the Italian product collects especially outside national borders, the study intends to outline the methods and tools necessary to undertake a correct management of these materials, to be used extensively in the sector of recovery and redevelopment of historical architectural heritage.

Keywords: Stone materials, C&D waste, Recycling, Performance

¹ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, carmine.ammirati@gmail.com

² DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, dejoanna@unina.it

³ DiARC - Department of Architecture, University of Naples "Federico II", giuseppe.vaccaro@hotmail.it

Introduction

Inert waste from construction and demolition (C&D) does not derive only from the dismantling of a building structure, but concerns all those phases of the life cycle that affect the construction of a building such as, for example, the period of use, the maintenance and renovation, as well as the demolition, that is responsible, among other things, for the greater production of this category of waste. Part of this waste is made up of fine stone material, which represents a unique resource of great economic and cultural value, for example, for the recovery works of the historical architectural heritage.

Assuming that the construction sector, through the intense use of natural resources, generates strong impacts on the territory and the environment, as well as a progressive impoverishment of the raw material, this study aims to highlight the need to intervene in all phases of the use of the stone material in the construction process, from the choice of materials to the construction techniques, to the maintenance up to the phase of disposal and re-placing on the market of recycled materials, in order to reduce both the consumption of environmental resources and consumption of energy in the sector. The current high energy cost of the Italian construction sector also poses further reflection on the optimization of consumption through the recycling of materials. In this direction, the first guidelines in Europe are aimed at the reuse of the aggregates¹ for which the directive 2008/98 EC set, for 2020, the objective of the use of recycled material in the measure of 70% of weight.

The study here presented, aims to outline the methods and tools necessary to undertake a correct management of that category of C&D waste consisting of fine stone material that would find wide and useful use in the sector of recovery and redevelopment of architectural assets of high cultural value with which Italy is rich, triggering by this way a virtuous process of safeguarding goods, safeguarding the environment and supplying a promising market chain. In fact, the possibility of having recycled material, certified in terms of age, origin and performance, in a certain sense "already aged", could be very useful in res-

toration and redevelopment interventions, thus avoiding further extractions, since they could be recovered and reused without any other treatment than cleaning and sieving or finishing and, above all, would avoid integrating stone materials of an age so different as to alter the characteristics of the artefacts.

Natural stone can be easily reused; entire buildings or construction elements such as: floors, walls, claddings, steps, ceilings, landings, decorative apparatuses, are a great resource for second-life projects. However, it must be considered that implementing recycled stone in the project requires close coordination between design and construction and, above all, it needs information of which a recycled product is not normally equipped. The recovered stone product should therefore be accompanied by documentation certifying its residual qualities and its suitability to the project requirements, in this way the use of recycled stone elements could also be qualified for credit in the protocols of green building evaluation such as LEED and Living Building Challenge (LBC). This operational methodology is in line with the objectives of BIM oriented design aimed at guaranteeing, through the digitization of information, the control of sustainability and the optimization of demolition, selection and procurement interventions aiming at the parameterization of distinct schedules for classes of technological units and classes of technical elements, complemented by direct comparison of performance requirements and quality levels. The implementation in BIM technologies of the databases of the recycled natural stone fraction would allow the controlled reuse of the stone resource and the containment of environmental impact index.

Good practice in recovery and reuse of C&D materials

The lack of recycled and artificial aggregates in the tender specifications and regional price lists, as well as the absence of major works, caused a sharp drop in the demand for these materials, with the consequent accumulation in the recovery plants of quantities of unsold product or their limited use for filling operations only where necessary and possible. Add to this there is the lack of adequate End of Waste criteria which makes the recy-

¹ Inert waste means only solid waste which does not undergo any significant physical, chemical or biological transformation; inert waste does not dissolve, burn or undergo other physical or chemical reactions, are not biodegradable and, in case of contact with other materials, do not have harmful effects such as to cause environmental pollution or damage to human health. Furthermore, for these, the tendency to give rise to leachate and the overall polluting percentage as well as the ecotoxicity of leachate must be negligible and, in particular, must not damage the quality of the surface and underground waters.

cling of inert waste very uncertain (Foundation for Sustainable Development et al., 2019, p. 16). In this sense, the Government and Regions must strengthen their strategies with a new focus on the specific sector, favouring a vanguard of development, also suggesting, through the rewarding of the choices and the provision of *ad hoc* incentives, a new direction in the matter's recycle. Italy is still very far from this goal, unlike many other European countries, such as the United Kingdom, the Netherlands, Belgium and Germany², whose change has been initiated in order to promote an innovative sector and to make available a fine material with low environmental footprint, since the amortization of the energy costs of production and supply of the stone materials is spread in an almost eternal life cycle.

A significant example in this sense can be found in the United Kingdom where, to give input to the growth of this modern economic sector, precise measures have been adopted which impose a relevant taxation for the landfilling of C&D waste, the increase in the concession fees for the exploitation of quarries and the allocation of incentives for the development of equipped areas for the recycling of materials. Many projects were promptly set up on the basis of these measures such as, for example, the construction of the “Crossrail” (2007) in London, where 20% of the used construction materials are recycled products and that 98% of extracted material is reused in the London area.

In Spain, with the deconstruction of a private tourist village with 430 buildings, erected by the Club Med (Cadaqués, 2008-2010, EMF Landscape Architects), and the recovery of the Mirador de Pedra de Rà (Ribeira, 2016, arch. Carlos Seoane), it has been shown that it is possible to recover the substantial values of a site of naturalistic and landscape value, as well as managing the recycling and reuse of 100% demolition waste both for the works themselves and for other works.

Among the pilot experiences activated in Italy in the same direction, we mention: the construction of the “Juventus Stadium” (2002-2011) conceived with the total recovery of the materials of the old “Delle Alpi” stadium, obtaining an economic saving of about 2 million Euros; the “Mestre bypass” (1990-2008) projected towards sustainable development and occupational growth thanks to the use of aggregates and waste materials derived from quarries (Legambiente, 2017, p. 113).

These experiences show that the valorisation of C&D waste depends on the quality of the materials, on the complexity of the demolition and selection operations, on the homogeneity of the characteristics of the secondary raw materials deriving from the treatment of the waste and, above all, on the availability of data on the existence, quantity and quality of the material placed in storage. The implementation of a strategy in this sense could have avoided, for example, the extraction of lava stone from the basalt quarries of Vesuvius exceptionally reopened for the recovery of paving in Piazza del Plebiscito in Naples, on the occasion of the 1994 G7 or, again, it would have avoided the heavy environmental load caused by the import of 20,000 square meters of lava stone elements from the Etna volcano to Piazza Dante (2003), also in Naples.

The achievable strategies should therefore be able to attract the interest of new stakeholders, as well as sensitize the consolidated operators in the sector, to create the conditions for a market attentive to the sustainability of building materials through tools that guarantee the traceability of the products and the sustainability of the production processes, in function of the reduction of the environmental damage of the supply and production processes.

The disposal and recycling of C&D waste in Italy

Compared to the community objectives of Directive 2008/98, according to which Italy should have achieved by 2020 (DL 135/2018, Legislative Decree 205/2010) the use of recycled products in buildings at least for 70% of the weight of aggregates; to date, however, this result still appears very far. According to the Report on Special Wastes prepared by the National Waste and Circular Economy Center of ISPRA, the percentage of recycled material in Italian buildings actually reaches about 20%. According to the 2017 Recycle Observatory report, the greatest obstacle to the integration of recycled materials in construction is attributable to construction yards as many specifications still require the use of certain categories stone from quarry or in any case “natural” materials, thus preventing the integration of those coming from recycling. A further obstacle is the lack of clear regulatory references for the use of recycled materials on construction sites. The introduction of the Minimum Environmental Criteria – CAM (DM 24 December 2015) in public administration building contracts represents an important step forward, but the effective application of this tool finds many difficulties in Italy because the market and the entrepreneurship of the construction sector are not yet able to adequately respond to CAM's request in the contracts, therefore, only a few Regions have recently cautiously embarked on a price lists integration and updating policy trying to control their repercussions on the market. Last but not least, it must be considered that recycled materials find it difficult to be introduced to the construction yards due to the lack of clarity of the rules in force (Decreets of the Minister of the Environment and Territorial Protection on February 5 1998, amended and integrated by Ministerial Decree No. 186 of 5 April 2006, No. 161 of 12 June 2002, and No. 269 of November 17, 2005, Presidential Decree No. 120 of 13 June 2017) regarding the definition of performance and environmental characteristics. In particular, it would be necessary to intervene on the so-called “*End of waste*” (Directive 98/2008 updated with Law 128/19) which establishes when a waste stops to be such, that is it passes from waste to recycled product after being subjected to a treatment operation and can therefore be used in the construction process.

In Italy, the incentive for “selective demolition” takes on growing importance, which is the most effective solution to reduce the volume of waste from C&D and to facilitate the start to a more efficient recovery of separate fractions. In Italy there are about 100 fixed plants authorized for the recovery of the aggregates and about 300 mobile plants, mostly located in the central-northern regions, where the selection and treatment of the aggregates take place according to certified processes that provide guarantees regarding the technical performance of recycled materials. Demolition or building rubble aggregates are classified according to the New European list of waste codes (CER / 2002) – through the compilation of the Single Environmental Declaration Model (MUD) which constitutes a database for the reorganization of the Waste Cadastre and the National Waste Observatory, the results of which are elaborated by ISPRA. This set of declarations are presented annually by landfills, transporters and waste producers to the Chamber of Commerce. The most recent Law 12/2019 proposes a tool for the traceability of waste the “National electronic register for the traceability of waste”, already introduced in 2010 by the Ministry of the Environment and never been operational, which would bring a significant step forward in the direction of the use of recycled materials in the

² In the Netherlands, Belgium and Germany, almost 90% of the demolition material recycling has already been achieved while in Italy we are still below 10%, for a volume of inert waste of about 45 million tons.

building process.

The database for the recycling of ornamental stones

Italy is the ninth country in the world for the export of ornamental stone (as natural stone is defined) in competition with the growing Asian markets. This trend is also documented by the annual report of the Studies and Research Office of IMM – Internazionale Marmi e Macchine S.p.A. in Carrara, authoritative source of data and statistics on the marble and ornamental stone sector, according to which in the first half of 2019, the Italian exported product reached 1,679,295 tons for a value of 906 million euros³ which constitutes it alone the 0.2% of Italian exports and, above all, have a stable trend. The Italian stone industry chain occupies 3% of the natural stone exchange market in the world for the excellent quality and variety of the stone material in the national territory, however the sector has not yet developed virtuous models of circular economy; the roadmaps being studied to optimize the production of the sector identify the recovery and recycling of residues from the excavation and processing of marble and other stones as a priority with a view to valorising scraps and relocating them to the market but no consideration is made for the huge amount of natural stone deriving from the demolitions and collapses both planned and produced by calamitous events.

The development of a circular economy in the stone sector cannot fail to consider the waste materials from demolition works that could converge in the same recycling chain with different market releases in relation to the type of recycled materials.

We cited the data on the production and export of the stone to highlight the relevance and potential of this sector which, although very specific, is a solid sector of the national economy but still today very neglected in terms of regulation and certification in all segments of the supply chain, from extraction to marketing. We already mentioned the current legislation for the regulation of demolition and construction waste and there is a clear lack of evidence regarding the fraction of the solid waste of the ornamental stone that deserves a dedicated procedural guideline because it is a fine material both as it comes from a chain of excellence and is a precious resource in urban regeneration interventions and in the restoration of cultural heritage for the purpose of continuity and identity of the historical heritage of our territory. The theme of recycling ornamental stone must be approached from a dual point of view that combines the challenges of the circular economy with the demands of protecting heritage, a combination that appears particularly coherent in the stone supply chain.

The lack of regulatory exposes the sector to uncontrolled practices that result in the squandering of the fine stone resource and, at the same time, in the authorized and non-authorized marketing of recycled and stolen materials of demolished or ruined artifacts.

Fully operating the entire system from the production of inert waste would bring environmental benefits both in terms of the contribution to the containment of mineral withdrawals and in terms of the return and reintegration of materials into the built heritage⁴. We therefore refer to technical and environmental standards on the production of stone waste and on the recovery and use of recycled materials in the construction sector, aimed

at creating tools capable of classifying and storing materials in recycling databases available for the subjects involved in the construction intervention processes.

According to Eurostat data, 32% of C&D waste is made up of mineral materials; currently, at national level, the data on the fraction of ornamental stone available among C&D waste are not statistically and scientifically classified and available to those who may need it, therefore the value of an exclusive recycling process for these materials cannot be estimated; nevertheless there is a general reticence to adopt recycled stone materials due to the lack of certification on the characteristics and their residual performances. In this sense, the supply of fine stone materials should be supported by a database in which each storage site keeps its section updated with the characteristics and availability of the materials stored in that place; such a structured system would transform the demolition interventions from onerous into profitable, would reduce the energy balance of the resource itself thanks to the extension of its useful life cycle and could give rise to new business sectors at regional level.

A database of recycled precious stones would be a useful service to overcome the greatest obstacle to the adoption of recycled materials which is constituted by the lack of precise regulations on the characteristics of their residual performance; in fact, the current legislation refers only to the classification of natural stones used in construction, both for ornamental and construction use⁵, there is no guideline or any standard aimed at regulating and supporting the recycling activities for these materials; the Guidance document of the Ministry of the Environment⁶ refers to the reuse on site of fine parts for structural or decorative purposes after ascertaining the performance and absence of any contamination.

The support of a database could therefore provide the necessary information to finalize the choice of materials according to the project requirements, also contemplating the dimensions and availability of the material in relation to the location of the site and the environmental context where it is located; in this sense, the impact assessment of the project would be greatly attenuated thanks to the reduction in the consumption of primary resources, the almost infinite amortization times, the on-site availability of materials and respect for the cultural identity of the places through the raw material. For this purpose, in some countries there are inventories of recycled stone organized by type and source of stone and potential applications; typical sources are curbs, pebbles, granite blocks, finishes, poles, foundations or quarry waste. Natural stone requires nothing more than cleaning (removal of any extraneous materials and washing) in order to be reused with the same techniques as newly manufactured stone. The British franchise Granite Recycled estimates about two million tons of recycled granite every year, with a growing trend and consequent positive effects on the labour market and an increase in the fraction of recycled waste.

It is legitimate to ask what instruments are used to regulate and recycle the tons of cubic meters of natural stone produced by the planned or disastrous ruin of pre-industrial buildings; some stones are no longer available because the quarries are exhausted or closed, moreover the stone extracted and then put in place undergoes an aging and transformation process and, sometimes, the availability of recycled material in restoration and redevelopment would avoid both further extractions and integrations of different materials which alter the characteristics of the build-

3 cfr. Report *Stone Sector 2019*, Ufficio Studi e Ricerche di IMM – Internazionale Marmi e Macchine S.p.A. (2019), Stone Sector 2019, Carrara.

4 cfr. ISPRA (2016), Criteri ed indirizzi tecnici condivisi per il recupero dei rifiuti inerti, available at: <https://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/>

5 cfr. UNI EN 12670: 2003 standard *Natural stones – Terminology* (the characteristics of the stone, the strengths and weaknesses as well as the extraction and processing methods are subject to standard definition) and UNI EN 12440: 2007 *Natural stones – List of commercial types divided by European countries*.

6 *Ibidem*.

ings.

The database project for the recovery stone would be a simple tool at the service of local authorities, businesses and designers intended to receive materials that can be reused “as it is” on the basis of an accurate cataloguing that takes into account : type of material, type of installation, location in the factory, type of surface finish for the exposed parts, origin of the material, colour scheme, physical, chemical and mechanical characteristics, as well as data on the dimensions of the individual elements, the available quantity and place of storage.

Conclusions

The finding of the natural stone, the processing and installation required in the past appropriate skills and it was exclusive to specific workers, able to select the most suitable material for the different uses in the construction in relation to the local availability and the performance and workability characteristics. Much of the pre-industrial building heritage reflects the culture and geography of the places and possesses an extraordinary richness of resources in terms of stone materials that have high residual performance qualities and a strong evocative potential of local identity.

Stone recycling is tailor-made and customized work for each project and, regardless of the type of project, recycled stone can play an important role in achieving long-term goals.

The observations presented here are intended to encourage research into adaptive solutions, which can be integrated with the design tools through modelling of information, for the integration of recovered stone materials in building interventions in relation to the needs of safeguarding the physical and cultural specificities of the places. Actions that also go in the direction of the regional circular economies but at the same time protect the environment and local heritage. In fact, the recycled ornamental stone lends itself to multiple recycling conditions to which it could usefully be addressed through a cataloguing tool aimed at procuring materials regardless of where they are needed, a system in which each municipality can keep – updated its database section. In this way, activating the re-entry into the production cycles of the stone which does not require any preliminary treatment, would mean extending the life cycle of this resource and therefore further amortizing the energy balance, at the same time it would favour the birth of new business sectors to complete the fine stone supply chain which are currently sporadic or even illegal or, as happens in other countries, relegated to the second-hand market.

The contribution is the result of a common reflection by the authors. Despite this, the paragraphs Introduction and Recovery and reuse of C&D materials are to be attributed to Giuseppe Vaccaro, the paragraph entitled The disposal and recycling of C&D waste in Italy is to be attributed to Carmine Ammirati and the paragraphs entitled The database for the recycling of ornamental stones and Conclusions are to be attributed to Paola De Joanna.

References

- Center for Clean Products (2008), *Best Practices of the Natural Stone Industry. Water Consumption. Treatment, & Reuse*, The University of Tennessee, Natural Stone Council.
- Commissione Europea (2016), *Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione*, available at: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/it/renditions/native>. (accessed 7 January 2020).
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, Fise Unicircular, Unione Imprese Economia Circolare (2019), *L'Italia del Riciclo 2019*, p. 16., available at: https://www.fondazionesvilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/L%E2%80%99Italia-del-Riciclo-2019.pdf (accessed 7 January 2020).
- Giorgi, S., Lavagna, M., Campioli, A. (2018), “Guidelines for Effective and Sustainable Recycling of Construction and Demolition Waste”, in Benetto, E., Gericke K., Guiton M. (eds) *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*, Springer, Cham.
- Graziani, A. and Giovannelli, G. (2015), *Materiali da costruzione. I lapidei, struttura del settore e tendenze innovative*, Osservatorio FILLEA, “Grandi Imprese e Lavoro”, Roma, IT.
- Hendriks, Ch. F. and Janessen, G. M. T. (2001), “Reuse of construction and demolition waste in the Netherlands for road construction”, *Heron vol. 46 n. 2*, TNO Built Environment and Geosciences, Delft, NL, pp. 79-87.
- ISPRA (2019), *Rapporto Rifiuti Speciali – Edizione 2019*, available at: http://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/RapRifiutiSpeciali2019n.309_versintegrale_Rev11Ottobre2019_new.pdf, (accessed 7 January 2020).
- Legambiente (2016), *Recycle. La sfida nel settore delle costruzioni. Secondo rapporto dell'osservatorio Recycle. L'innovazione nei cantieri e nei capitolati per ridurre il prelievo da cava e l'impatto sull'ambiente*, available at https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier_recycle_2016.pdf (accessed 17 January 2020).
- Raccomandazioni ISPRA (2016), *Criteri ed indirizzi tecnici condivisi per il recupero dei rifiuti inerti*.
- Ufficio Studi e Ricerche di IMM – Internazionale Marmi e Macchine S.p.A. (2019), *Stone Sector 2019*.

2.c

L'EVOLUZIONE DELL'APPROCCIO AL PROGETTO ESECUTIVO: UN'INSIEME COORDINATO DI MATRICI APERTE

Fabio Conato¹, Valentina Frighi²

Abstract

La progettazione esecutiva, per la complessità degli aspetti in gioco e la molteplicità delle scale che coinvolge, costituisce una frontiera della ricerca ancora suscettibile di continue implementazioni. Il contributo presenta i risultati di attività di ricerca tese alla definizione di un differente approccio alla gestione del progetto esecutivo, basato su un sistema coordinato di matrici aperte volto ad assicurare l'integrazione e l'interdipendenza di tutti i parametri in gioco alle diverse scale, nel rispetto della coerenza reciproca e valutandone l'equilibrio complessivo in una logica di sistema.

Keywords: Progetto esecutivo, Cultura tecnologica, Involucro edilizio, Materiali ed elementi costruttivi

¹ Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, cntfba@unife.it

² Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, frgvnt@unife.it

Premessa

La diffusione, sempre più pervasiva, delle tecnologie digitali in tutti gli ambiti di vita quotidiana, ha indotto profonde trasformazioni anche nella cultura tecnologica e nelle sue implicazioni con il progetto (Campioli, 2017), «condizionando radicalmente i processi progettuali, tanto nei contenuti quanto nei metodi di elaborazione» (Perriccioli, 2016).

L'accelerazione progressiva del progresso tecnico, così come l'avvento di nuove questioni con cui confrontarsi, prima fra tutte l'impatto di tali nuovi scenari tecnologici sugli assetti organizzativi dei processi costruttivi, impone un ripensamento della cultura materiale del progetto, non più circoscrivibile al tradizionale ambito delle costruzioni, le cui modalità processuali convenzionali sono oggi in crisi profonda.

L'avvento di tali tecnologie *disruptive*¹ (Fig. 1) ha inoltre coinciso con la crisi economica del settore edilizio, la quale ha determinato – oltre ad una drastica riduzione degli interventi in tale ambito – anche una profonda involuzione degli investimenti, tanto in nuove costruzioni quanto in competenze e specializzazioni, con conseguenti economie di scala che altro non hanno fatto che contribuire ulteriormente all'affossamento del settore.

Ciò ha causato, da un lato, un profondo cambiamento nei confronti di forme e metodi tradizionali, oggi tesi sempre più ad una razionalizzazione ed efficientamento dell'intero processo, sostenendo e potenziando l'uso di prodotti eco-compatibili nel settore dell'edilizia, indispensabili per promuovere una effettiva innovazione ed il raggiungimento di più efficaci obiettivi prestazionali; dall'altro, ha comportato l'introduzione di nuovi paradigmi che, imponendo il riferimento a molteplici trasversalità, disciplinari e settoriali (Campioli, 2017), per fronteggiare le moderne esigenze, consentono di fatto un ampliamento delle potenzialità realizzative a disposizione.

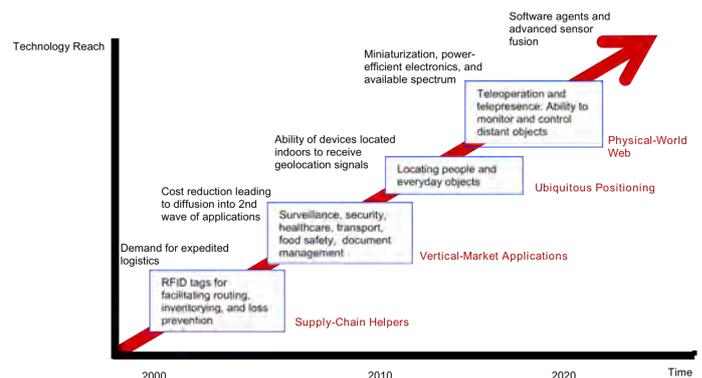


Fig. 1

Il progetto della complessità

Al giorno d'oggi, sembra dunque impossibile prescindere dalla necessità di rivedere l'intero processo costruttivo di un'opera architettonica, assumendo in esso il cambiamento e l'incertezza propri dell'attuale congiuntura come presupposti epistemologici (Riguzzi, 2016).

Nel contesto così delineato inoltre, non va dimenticata la presenza di fattori esogeni indissolubilmente legati alla progettazione, dovuti alla soprarichiamata espansione del suo dominio, oggi fatto di contorni più che mai fluidi, a causa, da un lato, dell'ampliamento dei confini disciplinari e delle responsabilità in capo al progettista e, dall'altro, dell'innalzamento degli standards progettuali imposto dalla continua evoluzione del quadro normativo nazionale. Si pensi, a titolo esemplificativo, alle procedure necessarie al rilascio di un qualsiasi titolo abilitativo, oggi soggetto all'asseverazione da parte del progettista di una serie di questioni – anche a carattere esecutivo – in fase preliminare.

¹ Termine derivante dalla definizione: *digital disruption*, introdotto con accezione positiva nel 1997 da Clayton Christensen nel suo "The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail", per indicare una mutazione dirompente, ovvero il momento in cui l'avvento di una nuova tecnologia porta al cambiamento di un'attività, modificandone completamente il modello precedente.

Se, in passato, le canoniche fasi progettuali distinguevano livelli ben distinti e a complessità crescente, frammentati tra diverse responsabilità specialistiche, la cui risoluzione era sovente delegata al cantiere – con inevitabili criticità nel dialogo fra esse, specialmente in questa fase così delicata – oggi ciò non è più possibile.

Il progetto di un manufatto edilizio infatti, a qualunque scala lo si consideri, è per sua natura un processo multidisciplinare che richiede il massimo grado di coerenza interna per assicurare la buona riuscita del prodotto finale: una realtà multi-fattoriale interattiva che non è più possibile considerare unicamente come un articolato set di elaborazioni tecniche e disciplinari ben distinte fra loro bensì che è necessario concepire come un *unicum* sin dalle sue primissime fasi, avvicinando temporalmente la fase realizzativa a quella creativa, nel pieno rispetto della coerenza dell'idea del progettista.

Va detto, tuttavia, che negli ultimi anni non è rara la tendenza, dettata anche dall'*iper* specializzazione delle diverse competenze tecniche – conseguenza inevitabile dell'avanzamento del progresso tecnologico – a concepire come autoreferenziali le singole discipline in gioco, sospinta anche dalla nascita di nuove figure professionali che hanno elaborato linguaggi specifici, spesso inconciliabili tra loro.

A valle di tali considerazioni, emerge in maniera evidente la necessità di mettere in campo una nuova cultura del progetto, capace di rivedere il precedente approccio metodologico alla progettazione a tutti i livelli e per tutte le discipline concorrenti nel processo edilizio. Per fare ciò, l'unica strada possibile sembra essere l'intervento a monte, attraverso lo sviluppo di un insieme coordinato di azioni, dettagliato, condiviso e soprattutto



Fig. 2

interdisciplinare, finalizzato al raggiungimento di un risultato verificabile nella sua complessa interezza, capace di rispondere in maniera adeguata alle prestazioni attese nonché alle esigenze degli utenti finali.

L'importanza del progetto esecutivo

Per poter coniugare dunque, le soprarichiamate esigenze con la buona riuscita del prodotto finale, avvicinando fase ideativa e fase realizzativa, sono state condotte negli anni attività di ricerca tese alla messa a punto di uno strumento operativo capace di orientare le scelte progettuali alle diverse scale, guidando il progettista nella complessità processuale propria della realizzazione di un'opera architettonica, e promuovendo il dialogo e le interazioni fra le discipline coinvolte.

L'approccio seguito parte del presupposto che l'attitudine al

controllo minuto che l'interazione con le altre discipline richiede debba essere attuata sin dalle primissime fasi del processo di ideazione di un'opera; la comprensione di ciò ha dunque permesso di capovolgere il tradizionale approccio alla progettazione, anticipando concettualmente la fase realizzativa al fine di prevederne la fenomenologia, riducendo al minimo lo scarto fra ideazione e realizzazione (De Fusco, 1984). Il ruolo del progetto esecutivo diviene quindi centrale. Progettare in una logica di esecutività significa infatti controllare la complessità del progetto, nel rispetto dei vincoli e delle possibilità attuative e prevedendo e anticipando le conseguenze che determinate scelte comporterebbero.

Come osserva Ferrante (2019), le criticità presenti nella fase realizzativa sono sovente indotte proprio da incompletezze o limiti del progetto esecutivo, talvolta determinate da una carente definizione «degli aspetti architettonici, strutturali e impiantistici dell'opera da realizzare, a fronte della necessità di rappresentare, in modo dettagliato, l'ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni da eseguirsi in cantiere».

Purtroppo, assai spesso, si tende a considerare questa fase della progettazione come componente finale di un processo pressoché conclusivo, dunque delegabile a terzi, con conseguenze a volte disastrose dovute alla dicotomia tra “idea” e “realizzazione”, attuata troppo frequentemente in favore di una ottimizzazione delle operazioni di cantiere e dunque di una conseguente contrazione dei costi, trascurando altri aspetti in realtà fondamentali.

Abbiamo già detto come tale processo non può essere frammentario in quanto, gran parte delle volte, racchiude in sé una grande quantità di istanze ancora aperte, come il controllo della qualità in opera e dei parametri di sostenibilità ambientale a tutte le scale, legati ad informazioni di carattere fisico-tecnico e tecnologico-costruttivo parte integrante della concezione architettonica complessiva. Si pensi ad esempio ai grandi maestri dell'architettura moderna che, nei loro edifici, hanno operato un controllo totale su tutte le fasi di realizzazione del manufatto, arrivando addirittura a progettare nel dettaglio particolari elementi tecnici funzionali alla loro realizzazione (Fig. 2).

Ecco dunque che il progetto esecutivo diviene luogo di sperimentazione progettuale in continuo aggiornamento, alimentato da ricerche di prodotto e processo, costituendo una frontiera della ricerca assai fertile e suscettibile di continue implementazioni. Da disciplina «strettamente funzionale al completamento degli aspetti formali del progetto» diviene oggi il *medium* attraverso cui «cogliere la complessità dei rapporti» (Rossetti, 2019) che sorgono nelle dinamiche proprie della produzione architettonica. Per la complessità degli aspetti in gioco e la molteplicità delle scale che coinvolge infatti, il progetto esecutivo richiede un approccio olistico capace di mettere a sistema le diverse competenze specialistiche attraverso protocolli operativi comuni, nonché le molteplici istanze trasversali, quali la necessità di effettuare economie di scala, il costante aggiornamento tecnologico e, ultimo ma non certo per importanza, il controllo delle prestazioni di materiali e componenti durante tutte le fasi del ciclo di vita dei manufatti.

Il progetto esecutivo come insieme coordinato di matrici aperte

Dalle esigenze connesse alla produzione del progetto e dettate, tanto dalla particolare congiuntura nella quale ci troviamo ad operare, quanto dal quadro normativo che regola, piuttosto rigidamente e sovente in maniera ipertrofica la pratica professionale dell'architetto, è nata l'attività di ricerca alla base del presente

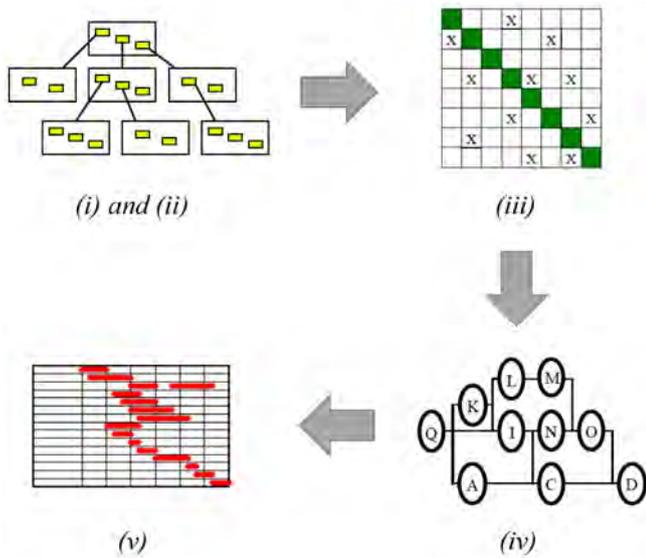


Fig. 3

contributo, avviata da diversi anni a questa parte a partire da un PRRIITT, con la collaborazione del Laboratorio Larco – Rete Alta Tecnologia Regione Emilia Romagna e di diverse imprese, e poi alimentata attraverso Assegni di Ricerca svolti all'interno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara.

L'intento che ha accomunato tali attività è stato quello di fornire una risposta operativa alle problematiche sopra richiamate, mediante la definizione di un differente approccio alla gestione del progetto – ed in particolare della sua fase esecutiva – teso ad assicurare l'integrazione e l'interdipendenza di tutti i parametri in campo nel rispetto della coerenza reciproca, e valutandone l'equilibrio complessivo in una logica di sistema.

La metodologia seguita per la definizione e sviluppo dell'approccio sopra richiamato si è essenzialmente sostanziata nelle seguenti fasi operative: i) analisi delle varie fasi del processo progettuale, a tutte le scale e in chiave interdisciplinare, riconoscendo le diverse competenze in gioco; ii) definizione, per ciascuna fase, delle categorie di scelte progettuali corrispondenti e necessarie per il "passaggio di consegne" alla fase successiva; iii) sistematizzazione delle classi di azioni progettuali in un insieme coordinato di matrici, una per ciascuna scala di applicazione che caratterizza il processo di produzione di un'opera architettonica; iv) impostazione di una campagna di monitoraggio su un campione vasto di casi studio, dotati di caratteristiche tipologiche e tecnologiche differenti, finalizzata alla validazione degli strumenti matriciali proposti; v) estensione dei principi sopra esposti al variare delle condizioni al contorno (Fig. 3).

Concependo le varie fasi come processi soggetti ad una continua implementazione è stato possibile definire un sistema di matrici aperte capace di legare i diversi elementi in maniera trasversale all'interno del processo, permettendo di organizzare ed integrare tra loro azioni differenti in modo sinergico, premian-done la coerenza reciproca e calandole nel contesto specifico. In questo modo si è andato configurando uno strumento operativo in grado di orientare la progettazione verso il compimento di azioni efficaci e ben organizzate, tali da consentire un controllo integrato a tutte le scale delle varie soluzioni ipotizzate.

L'approccio proposto ha preso le mosse dalla scala generale – alla quale avviene la progettazione dell'aggregato edilizio e l'inserimento dell'edificio nel contesto circostante – passando poi per la scala architettonica, alla quale si interviene sui parametri interni al singolo edificio, per giungere infine alla scala esecutiva, alla quale vengono regolate, attraverso la definizione del sistema di involucro, le interazioni tra interno ed esterno, rispondendo a determinati requisiti prestazionali nonché ad esi-

genze specifiche dettate dal contesto di applicazione, attraverso il corretto impiego e posa in opera di materiali e componenti.

Riflessioni conclusive

A valle delle riflessioni proposte, sembra evidente la necessità di conferire al progetto di architettura e, nello specifico, alla sua fase "esecutiva" il ruolo di "luogo" dove le differenti e complementari specificità disciplinari giungono ad una sintesi, capace di assicurare la qualità del prodotto finale garantendone l'efficacia e l'efficienza nel tempo.

Il progetto (esecutivo) si struttura dunque quale combinazione tra fini – intesi come obiettivi e funzioni cui tendere – e mezzi – intesi come disposti formali e tecnico-costruttivi – che l'opera architettonica è chiamata ad assumere (Nardi, 2003).

Soltanto la coerenza totale tra idea progettuale ed esito realizzativo infatti, ottenuta attraverso la necessaria cura dei parametri esecutivi e di dettaglio, consente il controllo generalizzato delle prestazioni, a patto che l'innovazione tecnologica ed il fare rete siano posti come valori fondanti la prassi operativa.

L'approccio proposto, pertanto, concepisce, secondo una logica non più lineare, ciascuna fase del processo progettuale come una matrice aperta per la gestione delle interazioni fra competenze diverse, soggetta ad una continua implementazione, operando una disamina analitica di tutti gli aspetti in gioco: scientifici, tecnico-pratici e cantieristici, cercando di superare l'ipertrofia insita negli attuali riferimenti normativi.

Inoltre, la conduzione di attività di monitoraggio e verifica sul campo degli strumenti matriciali proposti, condotte di concerto con aziende partner ed operatori di settore su un campione vasto di cantieri pilota, ha permesso la revisione in opera di un "prodotto" che, in questo modo, è sempre un prototipo, permettendo di riunire approcci e specializzazioni altrimenti non dialoganti, e superando così il limite insito nell'utilizzo di soluzioni conformi, oggi difficilmente definibili come tali (Lauria and Giglio, 2011), verso la messa a punto di soluzioni tecniche *taylor-made* continuamente *up-to-date* grazie alle opportunità offerte dalla logica *smart* propria dell'industria 4.0.

L'integrazione, in esse, di tecnologie *embedded* e di sensori evoluti capaci di elaborare dati e di fornire feedback ed informazioni in tempo reale sul comportamento di tali sistemi, sulla loro durabilità e sull'ottimizzazione dei vari componenti nelle loro interfacce reciproche ha infatti permesso di mettere a punto strategie più consapevoli sul piano progettuale, capaci, al contempo, di riflettersi in una reale implementazione dei sistemi così ottenuti e dei componenti in essi integrati.

Nell'approccio così definito gli strumenti BIM hanno giocato un ruolo fondamentale in ragione del substrato comune che essi offrono per controllare il complesso insieme di fattori che rende tali soluzioni efficaci. Nei modelli digitali con essi realizzati infatti, le diverse componenti non costituiscono oggetti passivi bensì raccolgono tutta una serie di informazioni attive.

In questo modo, importanti documenti progettuali, spesso frutto di azioni separate, svolte sovente a progetto avanzato attraverso un meccanismo che comporta grande dispersione, divengono parte integrante dell'implementazione del modello iniziale.

Grazie alle nuove tecnologie a disposizione dunque, è stato possibile portare a sistema in un modello unico diversi approcci metodologici e specializzazioni altrimenti non dialoganti, in un processo che supera l'antinomia tra creazione e ideazione, affidando maggiore responsabilità alla figura del progettista e chiamandolo a svolgere il ruolo determinante che gli compete sin dalle primissime fasi di ideazione dell'opera.

Lo strumento operativo ottenuto si configura dunque quale mezzo capace di orientare la progettazione a tutti i livelli che caratterizzano la produzione di un'opera architettonica, consentendo di affrontare – attraverso matrici aperte – la complessità delle variabili in gioco in maniera sistematica e integrata, e garantendo al contempo il raggiungimento di standard di qualità ambientale del costruito nel pieno rispetto delle normative vigenti.

Esso, a partire da uno studio accurato di tutte le componenti edilizie che concorrono nella realizzazione di un'opera, si basa su un meccanismo flessibile per la gestione del progetto, capace di consentirne il controllo trasversale alle varie fasi attraverso l'organizzazione ed integrazione reciproca delle diverse azioni progettuali, fornendo gli strumenti per un reale controllo progettuale delle interconnessioni fra sistemi differenti ed evitando la scissione tra il momento creativo e quello realizzativo, avvicinando così temporalmente la fase di ideazione a quella di esecutivizzazione affinché questa divenga il luogo nel quale le differenti e complementari specificità disciplinari giungano alla sintesi sopra richiamata.

References

- Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13/2017, pp. 27-32.
- Conato, F. and Frighi, V. (2016), *Metodi della progettazione ambientale. Approccio integrato multiscala per la verifica prestazionale del progetto di architettura*, FrancoAngeli Editore, Milano, IT.
- Cumo, F., Sferra, A., Piras, G., Mancini, F., Barbanera, F., Tiberi, M., Sforzini, V., De Lieto Vollaro, B., Pennacchia, E., Spiridigliozzi, G. (2016), La metodologia BIM come strumento per una efficiente progettazione e gestione degli impianti degli edifici, Report Ricerca di Sistema Elettrico ENEA, available at: https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-intelligenti/rds_par2015-149.pdf (accessed 15 January 2020).
- Ferrante, T. (2019), "Il progetto esecutivo. Ruolo, obiettivi, potenzialità", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18/2019, pp. 18-26.
- Lauria, M. and Giglio, F. (2011), "Progetto e produzione dell'architettura oltre la regola dell'arte", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 01/2011, pp. 124-129.
- Nardi, G. (2003), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Clup, Milano.
- Nastri, M. (2017), "Progettazione esecutiva dell'architettura ed ermeneutica della *téchne*", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 01/2011, pp. 182-193.
- Riguzzi, G. (2016), "Progettare BIM. Come cambia e cambierà il progetto nell'era del Building Information Modeling", in *GENIO Magazine*, available at: <https://www.ingenio-web.it/5231-come-cambia-e-cambiera-il-progetto-nellera-del-building-information-modeling> (accessed 16 January 2020).
- Rossetti, M. (2019), "Cinquant'anni di tecnologia dell'architettura", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18/2019, pp. 7-8.
- Perriccioli, M. (ed.) (2016), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, FrancoAngeli, Milano, IT, pp. 96-101.

Fig. 1 - Evoluzione delle tecnologie IoT, considerate un esempio di tecnologia disruptive. Fonte: SRI Consulting Business Intelligence, available at: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Internet_of_Things.png#/media/File:Internet_of_Things.png

Fig. 2 - Mies Van Der Rohe (1968), Neue nationalgalerie, Berlino. Dettaglio della facciata vetrata e della soluzione di copertura, sorretta da pilastri cruciformi disposti in maniera simmetrica in modo da lasciare gli angoli a sbalzo. Con tale soluzione il volume non viene definito con esattezza nei suoi profili geometrici, dando l'impressione che la copertura galleggi nel vuoto. Fonte: Manfred Brückels, licenza d'uso Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0, available at: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neue_Nationalgalerie_Berlin.jpg

Fig. 3 - Metodologia seguita per la definizione e sviluppo dell'approccio descritto: i) e ii) analisi delle varie fasi del processo progettuale, a tutte le scale e in chiave interdisciplinare, e definizione, per ciascuna di esse, delle relative categorie di scelte progettuali corrispondenti e necessarie per il "passaggio di consegne" alla fase successiva; iii) sistematizzazione delle classi di azioni progettuali in un insieme coordinato di matrici; iv) impostazione di una campagna di monitoraggio su un campione vasto di casi studio, dotati di caratteristiche tipologiche e tecnologiche differenti, finalizzata alla validazione degli strumenti matriciali proposti; v) estensione dei principi sopra esposti alla scala esecutiva.

UNA "NUOVA ARCHEOLOGIA" PER LA RICOSTRUZIONE DEI PAESAGGI COLPITI DAL SISMA

Federica Ottone¹, Davide Romanella²

Abstract

Il contributo entra nel merito del tema della ricostruzione post-sisma dei borghi storici del centro Italia distrutti dal terremoto, individuando nella definizione di "nuova archeologia" la traccia infrastrutturale e materiale permanente di un possibile piano di ricostruzione, aperto alla contaminazione e alla trasformazione nel tempo. La tecnologia digitale 4.0 viene qui immaginata come strumento per definire un processo di costruzione "secondo" (Ottone, 2008), collaborativo e partecipato, espressione della cultura materiale del luogo e, nello stesso tempo aperto ad accogliere nuovi stili di vita.

Keywords: Cultura materiale, Processi rigenerativi, Upcycling, Tecnologie custom, Fabbricazione digitale

¹ SAAD - Scuola di Architettura e Design Eduardo Vittoria, Università di Camerino, mariafederica.ottone@unicam.it

² SAAD - Scuola di Architettura e Design Eduardo Vittoria, Università di Camerino, davide.romanella@unicam.it

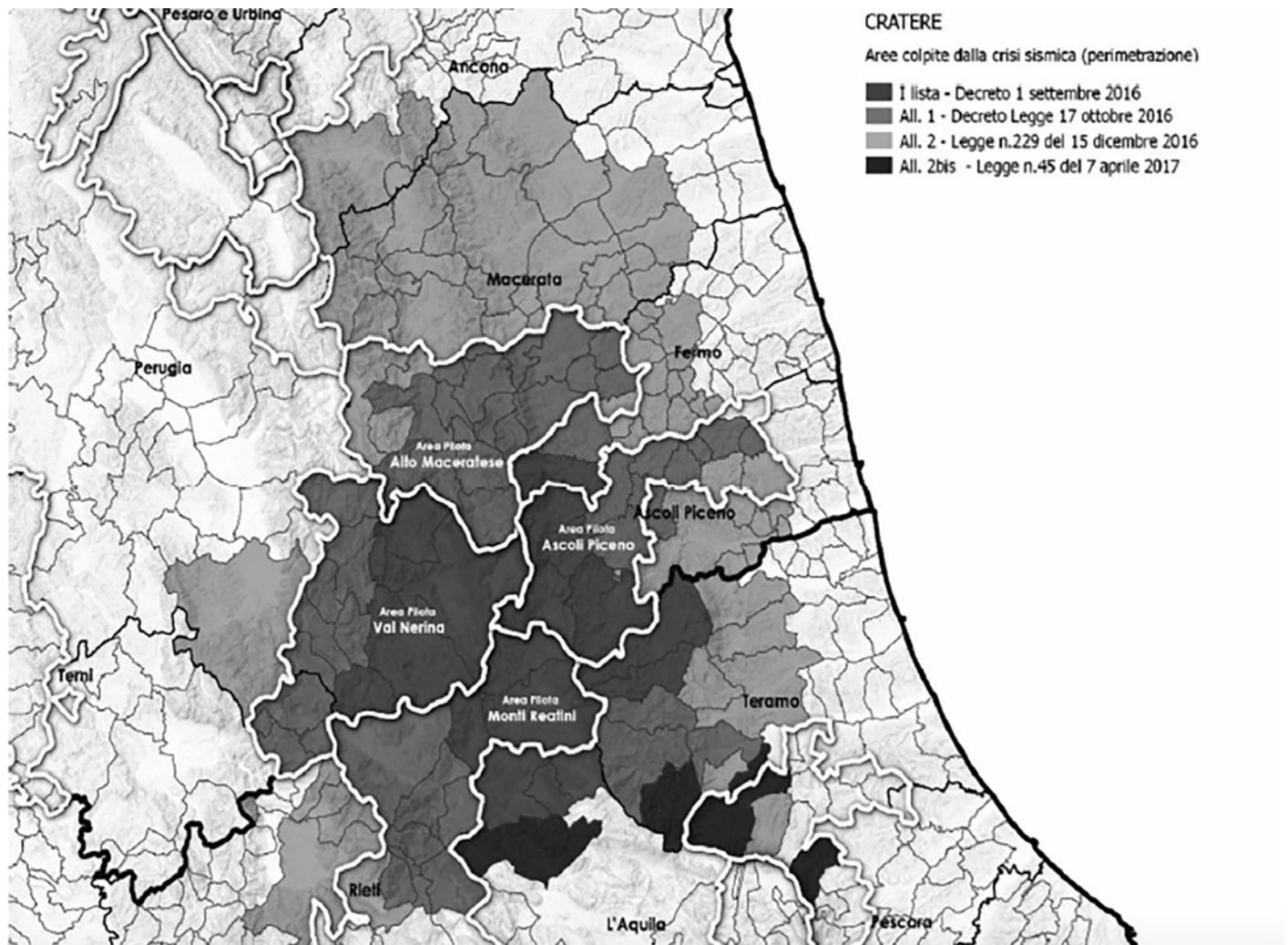


Fig. 1

Innovazione dei processi per una ricostruzione condivisa

«Nell'ambito delle tecnologie dell'architettura, assume un interesse specifico anche l'apporto metodologico e documentale della cultura materiale, a partire dall'assunto che la materialità dei prodotti di una società è cultura» (Nardi, 2001).

L'Università di Camerino ha vissuto e partecipato alle vicende legate al terremoto del 2016-17, trovandosi ad affrontare uno dei più difficili momenti della sua storia. La Scuola di Architettura e Design di Ascoli Piceno, attraverso le diverse competenze presenti, si è misurata con i problemi emersi con l'intenzione di poter contribuire ad avviare rapidamente processi di ricostruzione fisica dei luoghi. Fra le varie sperimentazioni didattiche legate alla ricerca, sono stati organizzati workshop dedicati alla ricostruzione dei centri storici, che hanno fatto emergere la necessità di affrontare questo delicatissimo tema con un atteggiamento che deve necessariamente prevedere una mediazione tra innovazione tecnologica – degli strumenti progettuali, delle forme, dei materiali e dei linguaggi – e “umanizzazione”, intesa come processo compatibile con il rispetto e la dignità delle persone che vivono quei luoghi, la loro storia, e la consapevolezza di appartenere all'interno di un sistema geografico e climatico specifico.

L'Appennino e le aree interne rappresentano da qualche anno, e ancora di più dopo gli eventi sismici, un ambito territoriale sul quale si sono sviluppate ricerche che hanno aiutato a capire le ragioni di una crisi sistemica. Una «drammatica coincidenza tra aree in declino, e per questo già sottoposte all'attenzione della SNAI¹ (Strategia Nazionale Aree Interne, nda) e le aree del Cratere del Sisma come individuate dalla Legge n. 229 del 15 dicembre 2016» (Sargolini and Pierantoni, 2016) (Fig. 1).

Crisi che ha investito la struttura economica e sociale di questi territori e che il terremoto ha soltanto messo ancora più in evidenza, accentuando il fenomeno ormai noto dell'abbandono dei centri minori dell'Appennino.

Di seguito nella Biennale Architettura di Venezia del 2018, in particolare dalla mostra presso il Padiglione Italia, curato da Mario Cucinella (2018), sono state trattate cinque aree appenniniche considerate strategiche per il loro valore ambientale e paesaggistico; cinque tesori tirati fuori dal cappello a cilindro come opportunità da cogliere per sottolineare una mancanza di strategia complessiva per la valorizzazione dell'Appennino. Il progetto di Cucinella, che ha coinvolto nella progettazione delle cinque aree altrettanti gruppi di architetti emergenti, mirava a sottolineare come l'architettura, ed un progetto culturale ad essa connesso, potesse divenire uno degli strumenti per il riscatto di queste aree così poco valorizzate.

Il rapporto Symbola “Atlante dell'Appennino” (2018) ribadisce questa esigenza di riappropriazione culturale ed economica di una parte trascurata della penisola per restituire «all'Appennino la sua natura di spazio ad alta intensità di relazioni e connessioni, scenario originario e principale della nascita e del diffondersi dei liberi comuni e di quella civiltà urbana che diventerà la cifra connotativa della civiltà europea» (Renzi, 2018)

Questi diversi studi, tenuti insieme da un obiettivo comu-

ne, appaiono difficilmente collegati alle pratiche locali; stentano cioè nell'individuare una relazione fruttuosa tra dimensione europea, nazionale e azione locale, nonostante siano state messe in campo attività direttamente operanti sui territori, come i Gruppi di Azione Locale (GAL), che vengono direttamente finanziati dalle Regione tramite i fondi strutturali europei².

Tornando appunto alla dimensione locale e alla necessità impellente di individuare modalità per una ricostruzione post sisma che diventi patrimonio collettivo della ricrescita e del rilancio delle aree appenniniche, sembra essere impellente la discesa in campo della ricerca, in particolar modo quella legata al settore del progetto e della tecnologia dell'architettura, ma con una forte contaminazione disciplinare. Un tale coinvolgimento all'interno delle dinamiche legate alla ricostruzione può essere in grado di rafforzare le comunità utilizzando nuovi strumenti di progettazione strettamente connessi con le nuove tecnologie digitali, con l'obiettivo di raccogliere, sistematizzare e parametrizzare i fattori tangibili e intangibili che costituiscono il patrimonio collettivo delle comunità stesse. Nel già citato contributo di Sargolini e Pierantoni, anche se non centrato sul tema specifico del settore delle costruzioni, si coglie da parte della SNAI l'esigenza di incentivare «nuovi sistemi di produzione innovativi, in grado anche di mettere in gioco un nuovo artigianato “digitale”, che possa basarsi sul “saper fare” dell'artigianato tradizionale e delle professionalità presenti sul territorio».

In sintesi, occorrerebbe individuare delle procedure che sappiano conciliare l'innovazione degli strumenti decisionali, anche in questo caso con l'utilizzo di strumenti di raccolta e organizzazione di dati complessi durante le varie fasi dell'attività di piano, con le aspirazioni delle comunità locali che sentono di poter contribuire alla ricostruzione in quanto depositari delle culture locali, materiali e immateriali.

Per contro si può senz'altro affermare che difficilmente i soggetti locali sono in grado di competere con un livello di europeizzazione delle procedure di affidamento degli incarichi per le opere di interesse pubblico, mentre operano all'interno di dinamiche ancora legate alla rete delle relazioni presenti nei luoghi – non necessariamente portatrici di fenomeni clientelari (Bartolini, 2017)³ – e che difficilmente possono essere scardinate.

Per queste ragioni i Comuni non riescono a superare il conflitto tra legittime aspirazioni di un professionismo locale e regole di ingaggio che richiedono livelli di organizzazione e di gestione del progetto e delle fasi di costruzione estremamente complessi.

Ruolo della ricerca

Le amministrazioni debbono dunque dotarsi di forme collaborative in cui non vengano esclusi professionisti, personaggi rilevanti e associazioni appartenenti alla comunità locale, che siano in grado di collaborare con soggetti neutri e capaci di gestire un processo partecipativo nell'ottica di obiettivi condivisi e strategici per l'intero sistema ambientale appenninico.

Da questo punto di vista manca oggi la consapevolezza che la ricerca possa costituire un anello di congiunzione irrinunciabile

1 DPS, *Strategia nazionale per le aree interne: definizione, obiettivi, strumenti e governance*, Documento tecnico collegato alla bozza di Accordo di partenariato trasmessa alla CE il 9 dicembre 2013, Roma 2013. DPS, *Accordo di partenariato 2014-2020*, Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica, Roma 2014.

2 L'Asse IV del PSR Marche, attraverso l'attivazione dei PSL – Piani di Sviluppo Locale elaborati e gestiti dai 6 GAL (Gruppo di Azione Locale), si propone di conseguire i seguenti obiettivi: i) favorire la gestione di una strategia di sviluppo locale, tramite una più fattiva partecipazione delle collettività rurali; ii) stimolare la capacità locale di occupazione e diversificazione attraverso la promozione di percorsi di sviluppo endogeno; iii) rafforzare la capacità dei partenariati locali tramite il concorso delle componenti pubbliche, private e civili di un determinato territorio che in maniera progressiva sviluppano la consapevolezza e la capacità di lavorare compiutamente verso obiettivi comuni; iv) sviluppare reti collaborative tra varie realtà economiche incentrate sull'innovazione e sull'attenzione ai mutamenti culturali e sociali della comunità locale (<https://www.fideas.it/>)

3 Bartolini definisce questo sistema di relazioni legato alle comunità della piccola industria manifatturiera del centro Italia con il termine di “familismo morale”; relazioni che si basano sul principio di solidarietà e di reciproco aiuto.

bile; manca inoltre il coraggio di assumere il progetto urbano e architettonico come azione fondante per la rinascita dei centri urbani distrutti, piuttosto che come esito finale di strategie economiche diffuse, di cui non si intraveda la ricaduta fisica e spaziale all'interno del centro urbano. La ricerca e la formazione svolte dall'università in questi anni e su queste tematiche dovrebbero costituire la base per svolgere in questi contesti il ruolo di *trait d'union* tra le amministrazioni, il mondo professionale e quello imprenditoriale, facilitando le ricadute del piano di ricostruzione in una dimensione più capillare e minuta.

Alcuni casi, come ad esempio la recente gara europea per l'affidamento di incarico per il piano di ricostruzione di S. Angelo sul Nera⁴ e delle frazioni ad esso facenti capo, testimoniano che la rinascita è affidata ad un piano-progetto gestito da un gruppo di professionisti multidisciplinare che dovrà organizzare le diverse istanze per le quali il tessuto sociale, professionale e imprenditoriale si aspetta una risposta. Lo studio Boeri e associati si è aggiudicato l'incarico per la redazione del piano, affidando allo slogan "Non rincorreremo l'identico, ma l'autentico"⁵ la propria visione, precludendo (ci si augura) ad una impostazione del lavoro che entri nel merito, oltre che della configurazione spaziale e architettonica del nuovo edificato, anche delle tecnologie costruttive che potranno essere introdotte, pur nel rispetto delle forme e dei caratteri del tessuto preesistente.

Analoga procedura di affidamento del piano di ricostruzione si sta ora attuando anche in altri centri come Arquata del Tronto (dove esiste alla base uno studio molto approfondito realizzato da Unicam Scuola di Architettura e Design e il Dipartimento di Architettura di Roma Tre) e Amatrice, seppur con intenti non sempre identici.

In questo quadro l'aspetto che riguarda il "come" attuare la ricostruzione, quali tecnologie privilegiare e quali materiali, quali modalità costruttive, quali strumenti, appare di estrema importanza perché può significare l'adozione di una strategia innovativa e del tutto compatibile con le attuali risorse economiche, imprenditoriali ed umane disponibili sul campo. Il progetto del piano assume dunque il valore di ricerca che dovrà necessariamente comprendere un'assunzione di responsabilità per recepire, insieme a dati quantitativi utili a conoscere le dimensioni dei fenomeni di sviluppo o recessione dei territori, quei valori simbolici che la cultura locale ha saputo esprimere e il grado di innovazione necessaria a migliorare la qualità della vita dei centri urbani.

Tutto ciò si rende possibile attraverso una pianificazione "aperta" che getta le basi di un palinsesto spaziale e strutturale per lasciare poi libertà di azione all'interno della struttura edilizia minuta, favorendo processi di "autocostruzione guidata" di parti di manufatto e indicando nuovi percorsi di innovazione⁶ e mettendo in campo l'utilizzo delle tecnologie di fabbricazione digitale direttamente gestibili dai professionisti e dalle maestranze locali. Si tratta in buona sostanza di una rivendicazione, non del tutto espressa ma presente, di spazi di autodeterminazione da mettere a disposizione delle comunità e dei soggetti professionali che ne sono espressione.

L'ibridazione tecnologica e l'utilizzo degli strumenti digitali per ottenere un nuovo approccio alla ricostruzione appare in questi contesti una delle possibili strade da percorrere. In questo quadro sono stati avviati alcuni percorsi formativi che hanno cercato di prefigurare una diretta partecipazione delle forze pro-

fessionali locali nella ricostruzione attraverso l'utilizzo di strumenti digitali (fabbricazione digitale). Tutto ciò per dimostrare che l'apporto professionale locale non dovrebbe essere considerato necessariamente arretramento rispetto alle più avanzate ipotesi progettuali ma, anzi, un nuovo modo per trasformare la professione dell'architetto in una forma di artigianato (o arte applicata) digitale da utilizzare all'interno di politiche di piano mirate e regolate.

Questa nuova figura professionale – definita durante il corso formativo "Archimastro 4.0" con il supporto di un team di architetti e ingegneri della Kejo University di Tokio e del Politecnico di Torino (Figg. 2, 3, 4) – dovrebbe operare una mediazione tra saperi scientifici e maestranze artigianali, sperimentando nuovi approcci metodologici al fine di attuare una serie di interventi concreti all'interno del tessuto edilizio danneggiato dalle calamità sismiche, operando con cultura e consapevolezza in un contesto sensibile come quello del patrimonio edilizio storicizzato dei centri minori.

In particolare, intervenire in ambiti come quello dei paesi appenninici, significa destreggiarsi tra numerose disposizioni giuridiche e vincoli restrittivi, soggetti a tutelare il patrimonio storico artistico del territorio stesso, salvaguardandone i paesaggi locali. L'obiettivo è l'adozione di una metodologia professionale consapevole della fragilità di questi punti nevralgici carichi di valore storico e simbolico legato alle comunità locali, per operare tramite una serie di interventi contestualizzati, mirati a preservare l'unicità di soluzioni architettoniche personalizzate, quali riqualificazione di manufatti o totale demolizione e ricostruzione di intere unità edilizie.

Particolare valenza socioeconomica, in un contesto emergenziale come quello della ricostruzione, va attribuita alla velocità di intervento. La sola gestione delle macerie ha avuto ritardi notevoli in campo procedurale, dovuti in parte al susseguirsi dei cambiamenti normativi (nel maggio 2017 le macerie raccolte erano meno del 4%) e in parte a disagi logistici. Un esempio è la lenta e complicata gestione delle macerie insieme alla cernita dal materiale di pregio storico da quello dannoso (amianto). Il risultato è una raccolta di 1.554.241 t. di materiale rispetto alla cifra stimata di 2.720.000 t. totali al Maggio 2019 (Maranò, 2019).

Attraverso operazioni di ricostruzione minuta e puntuale si potrebbe ridurre questo rallentamento, favorendo processi di upcycling, riutilizzando elementi architettonici e manufatti provenienti dal sito stesso, riciclando materiali e lavorando secondo una programmazione progettuale-costruttiva ben organizzata per fasi di lavoro, ovvero: 1) individuazione e progettazione dei componenti del manufatto (BIM); 2) catalogazione di manufatti lavorabili in situ e in laboratorio con il coinvolgimento dei progettisti (fabbricazione digitale); 3) programmazione di tutte le fasi realizzative con la possibilità di reinterpretare, in modo innovativo, tecniche costruttive tradizionali, attraverso la sperimentazione, realizzazione e posa in opera di componenti edilizi *custom* prefabbricati con macchinari avanzati, e attraverso un processo di progettazione su base parametrica. Il vantaggio di una costruzione "in fabbrica" (*off-site*), utilizzando gli stessi materiali e gli stessi standard delle costruzioni convenzionali (*on-site*) è di limitare i danni ambientali gestendo in maniera logistica, la costruzione dell'edificio, ottimizzando i trasporti di consegna del materiale.

Questo approccio metodologico esige dalle figure professio-

4 available at: www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/SUA-Gare-su-delega/id_22674/2207

5 available at: <https://www.corriere.it/video-articoli/2019/12/19/boeri-per-inerzia-lentezze-appennino-abbandonato-serve-sforzo-nazionale/34778e4a-2240-11ea-8e32-6247f341a5cc.shtml>

6 Scrive Hiroto Kobajashi (2017), della Kejo University di Tokio, a proposito dell'autocostruzione: «by this method, people could complete a large amount of construction work that could not be done alone. This type of working system promotes mutual understanding and respect among the community members and sense of ownership of the community itself through collaboration».



308



Fig. 2-3

nali coinvolte, una cultura delle tecniche costruttive tradizionali attente alla salvaguardia paesaggistica locale.

Nuova archeologia come infrastruttura aperta

Il progetto di “nuova archeologia” (auspicabilmente realizzato con un progetto di ricerca unitario, ma transdisciplinare, e realizzato con imprese affidatarie attraverso gare europee) rappresenta l’atto fondativo che getta le basi del nuovo assetto urbano, riproposto in una configurazione permanente e in stretto rapporto con il paesaggio.

Da sempre ogni costruzione inizia da uno scavo (Calvagna, 2017), che rappresenta la proiezione planimetrica dell’edificio, e il suolo assume dunque un valore simbolico rilevante: «ogni casa ami in terreno su cui sta» (F. L. Wright). L’azione fondativa rappresenta nel tema “ricostruzione post-sisma” un vero e proprio atto d’amore verso il luogo che l’ha generata e, al tempo stesso, un nuovo punto di partenza per la rinascita.

Nella fase successiva l’elevato potrà seguire procedure più flessibili e adatte a rispondere alle diverse esigenze degli utenti, realizzando manufatti con professionisti locali ed eventualmente anche in parziale autocostruzione, con l’ausilio di tecnologie digitali.

Alcuni esempi di un passato non troppo lontano possono aiutare a comprendere come una dimensione di prefabbricazione adeguata ad un contesto minuto, può essere trasferita e innovata con l’uso di tecnologie digitali:

- Le “case usoniane” di F. L. Wright (Porter, 1986), esempio di “tecnologia appropriata” adattata ad un’architettura etica. I blocchi in cemento prefabbricati e preparati in laboratorio avevano funzione strutturale dal comportamento massivo simile ad una muratura portante. Seguendo le logiche che caratterizzano gli interventi in materia di autocostruzione, è stata possibile una collaborazione realizzativa tra il committente ed il professionista.
- “the Box” la casa unifamiliare dell’architetto Ralph Erskine; un esempio di architettura ibrida, caratterizzata da un basamento massivo sovrapposto da elementi architettonici prefabbricati. L’attacco a terra, realizzato in muratura costituisce la base per rialzare la struttura evitandone il contatto con il suolo umido caratteristico dei paesi scandinavi. Ha ottenuto così il risultato di creare una ventilazione naturale che dal sottosuolo penetra, per effetto camino, all’interno dell’abitazione. Gli involucri, prefabbricati industrialmente, sono il risultato di un recupero del materiale quali pietre, mattoni e pannelli isolanti.

Oggi la prefabbricazione si avvale della parametrizzazione digitale e della classificazione dei componenti codificata da processi BIM. Macchinari avanzati, come stampanti 3D o tecnologie laser, sono predisposte per una realizzazione di soluzioni architettoniche attente a quelli che sono i processi della progettazione ambientale, riutilizzando materiale di scarto, diminuendo l’utilizzo di manodopera specializzata ed evitando trasporti pesanti. Questo approccio metodologico richiede una figura professionale calata all’interno delle problematiche costruttive legate alla tradizione, attente alla salvaguardia paesaggistica locale, ma nello stesso tempo, disponibile a trasformare la propria pratica professionale in un laboratorio di sperimentazione, integrando in un unico processo la progettazione con la pratica costruttiva. Un progetto attento, edilizio e infrastrutturale, può dare origine ad un microclima urbano, controllando i flussi del vento e utilizzando in modo intelligente l’apporto climatico della massa in relazione all’esposizione solare. Importanza rilevante alla formazione del microclima *indoor* e *outdoor*, sta nell’utilizzo nella

parte basamentale di un materiale massivo, pietra o cemento, più in sintonia con la memoria del luogo; pur essendo strutture con spessori rilevanti, che permettono un adeguato isolamento degli ambienti interni, necessitano di essere coadiuvate con sistemi antisismici, che ne assicurino la stabilità e che possono essere incorporati nella massa muraria.

Nella cultura giapponese, per esempio, le architetture che si compongono di elementi strutturali lignei e leggeri, si sviluppano spesso al di sopra di una parte basamentale massiva che separa la parte lignea dall’umidità e mette in sicurezza la costruzione, da molti punti di vista. Rispetto alla muratura, grazie alla propria caratteristica del materiale, le strutture costruite in legno hanno un minor peso specifico configurandosi come sistemi leggeri, in grado di mantenere nel tempo la loro elasticità, resistendo in maniera efficace alle sollecitazioni; per contro gli stessi sistemi mostrano una particolare sensibilità nei confronti delle sollecitazioni ambientali e necessitano di essere coadiuvati da involucri che ne assicurino le prestazioni energetiche.

Da queste considerazioni si definisce un quadro problematico delle fragilità dei sistemi costruttivi tradizionali, che induce la ricerca verso una strategia progettuale incentrata all’ibridazione di componenti architettonici, prefigurandone la loro interconnessione anche in funzione di facilitare un processo di coinvolgimento delle risorse professionali e imprenditoriali locali.

Una strada da percorrere, anche per superare la ormai proverbiale lentezza, può essere quella di favorire un processo di dialogo tra ricerca – con tutte le sue potenzialità nel coinvolgere esperti nei vari settori disciplinari – e comunità locali per giungere più velocemente alla realizzazione delle tracce infrastrutturali e fondative di una “nuova archeologia”, lasciando alle comunità e ai giovani professionisti locali il compito di organizzare la ricostruzione con l’ausilio delle nuove e ormai sempre più diffuse tecnologie digitali.

References

- Bartolini, F. (2015), *La terza Italia: reinventare la nazione alla fine del Novecento*, Carocci, Roma, IT.
- Calvagna, S. (2017), *Fabbrica Complessità Progetto*. Gangemi Editore, Roma, IT.
- Cucinella, M. (2018), *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese. Padiglione Italia alla Biennale Architettura 2018*, Quodlibet, Macerata, IT.
- Kobajashi, H. (2017), “The Veneer House Experience: the Role of Architects in Recovering Community after Disaster”, in Wanglin, Y. and Will, G. (ed.), *Rethinking Resilience, Adaptation and Transformation in a Time of Change*, Springer, Cham, CH, p.365.
- Maranò, M. (2019), Forum sicurezza. Tratto il giorno 03 20, 2020 da Osservatorio sisma, available at: <http://osservatoriosisma.it/wp-content/uploads/2019/06/forum-sicurezza-maria-marani>.
- Nardi, G. (2001), “Cultura tecnologica e progetto di architettura”, in: *Tecnologie dell’architettura. Teorie e storia*, Libreria CLUP, Milano.
- Ottone, F. (2008), *Il progetto secondo, nuovi spazi del progetto ambientale*, Quodlibet, Macerata, IT.
- Porter, E. J. (1986), “The Pappas - Wright Saga”, *St. Louis Post-Dispatch*, pp. 19-22.
- Renzi, F. (2018), “Prefazione”, in: Fondazione Symbola (ed.), *Atlante dell’Appennino*, Rubbettino, Soveria Mannelli, CZ.
- Sargolini, M. and Pierantoni, I. (2017), “Per una rinascita delle aree interne dell’Appennino centrale”, *Glocale, Rivista molisana di storia e scienze sociali*, n. 13, pp. 39-57.



Fig. 4

Fig. 1 - Le aree del Cratere del Sisma del centro Italia come individuate dalla Legge n. 229 del 15 dicembre 2016. Fonte: Sargolini, Pierantoni

Figg. 2, 3 - Esercitazione progettuale degli studenti del workshop "Archimastro 4.0" con il supporto di un team di architetti e ingegneri della Kejo University di Tokio e del Politecnico di Torino, svoltosi ad Amandola (FM) nel settembre 2018. Credits: Davide Romanella

Fig. 4 - Stampa in 3D di pezzi speciali per la ricostruzione e il completamento di edifici del centro storico di Amandola. Credits: Davide Romanella

DESIGN WORKFLOWS E DIGITAL TRANSFORMATION: POSSIBILI SCENARI D'INNOVAZIONE PER LA PRODUZIONE DEL PROGETTO DI ARCHITETTURA

Sara Codarin¹, Roberto Di Giulio², Theo Zaffagnini³

Abstract

Il progetto di architettura oggi si trova a confrontarsi con la diffusione di strumenti di automazione come i robot che definiscono una mediazione tra design e produzione edilizia, avvicinando la distanza tra digitale e fisico. Il presente contributo intende delineare alcune potenzialità di trasformazioni digitali di processo, espressi ad ampia scala come Digital Transformation, già rilevabili nel settore delle costruzioni e che concorrono a innovare non solo le metodologie costruttive ma anche i flussi di lavoro progettuali che riguardano la gestione della qualità tecnologica.

Keywords: Digital Transformation, Quarta Rivoluzione Industriale, Second Digital Turn, Robotica, Digital Workflows

¹ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, cdrsra@unife.it

² Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, dgr@unife.it

³ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, zft@unife.it

Background culturale: digital manufacturing e innovazione di prodotto

Oggi il progetto di architettura si posiziona all'interno di un'ampia infrastruttura digitale che ha implicazioni a diverse scale di applicazione. Il quadro teorico di riferimento è quello della *Digital Transformation* D(x), un *technological shift* che sta cambiando gli equilibri sociali, gli assetti lavorativi, la cultura tecnologica e le fasi di *decision-making* tradizionali in favore di approcci iterativi *data-informed* e *data-driven*. Secondo la definizione espressa dalla rivista scientifica *Educause*, la *Digital Transformation* integra plurimi settori e descrive un cambiamento culturale, di forza lavoro e tecnico-scientifico, reso possibile dai progressi tecnologici che includono l'Intelligenza Artificiale, il *cloud*, i *social network* e le capacità di archiviazione e analisi dei dati. La D(x) è un driver di cambiamento in diversi settori¹, che comporta lo sfruttamento di tecnologia e dati per rispondere in modo efficiente a inediti e aggiornati quadri esigenziali.

Con diversi orientamenti di significato, nella D(x) confluiscono le innovazioni dettate dalla Quarta Rivoluzione Industriale, dall'Industria 4.0 e dall'*Industrial Renaissance*. Quest'ultimo concetto si basa su una teorizzazione diffusa nel 1983 da William Abernathy, professore presso la Harvard Business School, ed è stato recentemente ripreso nei tavoli di ricerca internazionali² in afferenza al settore produttivo. Uno dei temi espressi nelle teorie economiche di Abernathy consta in un'ipotesi di modernizzazione dell'industria americana attraverso il vantaggio competitivo tratto dall'integrazione degli allora emergenti sistemi di *computer-aided design* e *computer-aided manufacturing* (CAD/CAM). Tale integrazione consiste nella possibilità di avvicinare progettazione e produzione in un unico *workflow* digitale basato sul trasferimento di dati che informano in modo iterativo le de-

cisioni che di volta in volta vengono prese a monte dei processi.

A sua volta, Industria 4.0 è l'accezione che riguarda la *manufacturing*³ nel quadro più esteso della Quarta Rivoluzione Industriale la quale "si sta costruendo sulla Terza, ed è caratterizzata da una fusione di tecnologie che stanno sfocando i confini tra la sfera fisica, digitale e biologica"⁴. Il termine, coniato dal fondatore del *World Economic Forum* Klaus Schwab, indica un palinsesto di trasformazioni che stanno avendo luogo «in modo più rapido rispetto a qualunque altra rivoluzione del passato» (Schwab, 2017). Tali cambiamenti, ora in corso, descrivono l'ubiquità e l'interconnessione (IoT) dei mezzi di automazione di derivazione industriale come i robot, i quali si stanno inserendo nei *workflow* di produzione architettonica al fine di superare il concetto di prefabbricazione standardizzata e uscire dai limiti imposti dagli strumenti tradizionali, perseguendo l'obiettivo di *mass customization* avanzato per la prima volta da Stanley Davis nel 1987⁵.

Le potenzialità delle trasformazioni digitali si sono diffuse in architettura negli anni ottanta con la Rivoluzione Digitale, alla quale è stata attribuita la denominazione di *Digital Turn* (Carpo, 2013). Questo passaggio ha permesso di integrare la disciplina con flussi di lavoro computazionali che rappresentano «il potenziale degli strumenti digitali di collegare settori esistenti dell'industria e apportarne di nuovi, in risposta alla sempre crescente domanda di processi ed edifici intelligenti» (Marble, 2012). Attualmente è in corso una transizione che sta portando i progettisti a confrontarsi con una rinnovata complessità progettuale, descritta come *Second Digital Turn* (Carpo, 2017) e definita dalla diffusione di nuovi tools come gli strumenti robotici, che si configurano come oggetti di mediazione tra design e produzione del progetto di architettura. La presa d'atto della possibilità concreta di avvicinare la distanza tra digitale e fisico, in uno spazio

¹ Parallelamente ai settori affini al *manufacturing*, la D(x) prevede anche un ripensamento della formazione superiore, o *higher ed*, per preparare i professionisti dal prossimo ciclo di formazione universitaria ad affrontare i cambiamenti globali dettati dalle trasformazioni digitali in corso. Si veda: <https://library.educause.edu/topics/information-technology-management-and-leadership/digital-transformation-dx> (online: 01/03/2020).

² Il termine *Industrial Renaissance* viene usato dalla Commissione Europea per descrivere una modernizzazione della produzione che coinvolga l'innovazione tecnologica, nuovi input e competenze.

³ Si veda il documento della Commissione Europea intitolato "Digital Transformation Monitor. Italy: Industria 4.0". L'industria 4.0 concerne lo sviluppo di smart factories, connettività e hardware robotici.

⁴ "The Fourth Industrial Revolution: What it Means and How to Respond", in *Weforum*, available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (online: 01/03/2020).

⁵ Davis, S. (1987), *Future Perfect*, Basic Books, New York, NY.

di lavoro ibrido *cyber-fisico*, è conseguenza della crescente accessibilità economica e quindi distribuzione nel mercato di robot e interfacce digitali che permettono di programmare le macchine ampliando le possibilità di progetto verso nuove opportunità materiali.

Approccio e metodologia: nuovi *tool* per l'innovazione di processo

Il presente contributo intende delineare i trend futuri che introdurranno sostanziali cambiamenti nel settore delle costruzioni e nell'ambito della produzione del progetto architettonico⁶. Tali cambiamenti investono non solo le metodologie costruttive ma anche una parte dei flussi di lavoro progettuali che riguardano la gestione della qualità tecnologica. È idea condivisa dalla comunità scientifica internazionale che le prossime decadi saranno caratterizzate da ricerche focalizzate sullo sviluppo di:

- cobotica, cioè la collaborazione uomo-macchina in condivisione dello stesso spazio di lavoro o *work-cell*;
- robotica *on-site*, ovvero il ricorso all'automazione per la produzione customizzata di componenti costruttivi in opera e a pie' d'opera;
- robotica per il monitoraggio automatizzato delle attività di cantiere e loro rispondenza alla programmazione o al progetto *BIM-based*.

Nella pubblicazione «Cobots: Robots for Collaboration with Human Operators» del 1996, i professori della Northwestern University Edward Colgate e Michael Peshkin per la prima volta descrivono il loro prototipo di cobot definito come «un dispositivo robotico che manipola oggetti in collaborazione con un operatore umano» (Colgate et al., 1996). I cobot, o collaborative robots, sono macchine progettate per comunicare con le persone e condividerne lo spazio di lavoro fisico⁷. Per consentire una collaborazione sicura, essi operano a basse velocità e sono dotati di sensori che permettono loro di riconoscere la presenza di ostacoli da evitare. Questi strumenti sono stati sviluppati per superare l'idea di robot che, concordemente alla visione di Isaac Asimov⁸, lavora come mero esecutore in modo «autonomo, automatico e riprogrammabile su tre o più assi per l'utilizzo in applicazioni di automazione industriale» attraverso l'installazione di un attuatore multiuso fisso o mobile⁹. Come sottolineano Paul Daugherty e James Wilson nel libro *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI* a differenza dei robot, «i cobot sono progettati per lavorare a stretto contatto con le persone» in uno scenario in cui «i produttori sono in grado di reimmaginare processi precedentemente statici e i lavoratori, interagendo con macchine intelligenti, assumono nuovi ruoli che permettono alle aziende di

fare scelte più varie e adattabili» (Daugherty and Wilson, 2018). Questo approccio rientra nelle logiche della *Digital Transformation* e rappresenta una metodologia operabile per affrontare il tema della progressiva perdita di manodopera e competenze che si sta verificando nel settore delle costruzioni, a seguito della crisi che ha danneggiato i mercati globali nel 2007¹⁰.

Un aspetto di innovazione che è in corso di studio nell'ambito della ricerca accademica e industriale riguarda lo sviluppo della robotica *on-site*, per l'automazione delle fasi di cantiere. Quest'ultimo è da sempre caratterizzato da una rigida organizzazione di sequenzialità operative e da una forte inerzia al cambiamento, definito attraverso il trasferimento tecnologico da settori più avanzati come quelli navale ed aeronautico, dal quale ad esempio è stata importata la metodologia gestionale BIM. Tra i numerosi esempi di automazione robotica di cantiere si menzionano: Hadrian X Robot, un braccio meccanico progettato per posare materiali da costruzione come i mattoni (sistema di *brick-laying*); Camera Project, una piattaforma mobile robotica *light-weight*; il progetto Hephaestus, di cui fa parte l'azienda italiana Focchi, volto all'utilizzo di robot per l'installazione di elementi di facciata per le nuove costruzioni; infine, i Driverless Caterpillar prodotti da CAT, veicoli finalizzati a sostituire la manodopera umana nelle fasi lavorative che sono considerate *4D tasks*, ovvero *dull, dumb, dirty* e *dangerous*.

Un ulteriore esempio meritevole di essere menzionato è la DFab house, un prototipo di architettura sperimentale realizzato interamente attraverso digital fabrication e robotica *on-site* presso l'ETH di Zurigo. Per il completamento dell'edificio, i ricercatori hanno utilizzato sistemi di computer vision installati sui robot e sensoristica *feedback-loop* per la lettura di dati aggiornati in tempo reale dello spazio di lavoro dinamico in cui le macchine mobili si trovano ad operare. L'uso della sensoristica applicata alla robotica ha attivato sperimentazioni e incentivato la diffusione di servizi digitali¹¹ che introducono nei workflow progettuali *digital-informed* l'uso di mezzi di automazione guidati da algoritmi ed AI. Questa combinazione tecnologica permette di sfruttare i robot per raccogliere immagini di cantiere e misurazioni quantitative al fine di monitorare in un'unica interfaccia di lavoro l'avanzamento dei lavori e la verifica delle costruzioni *as-built*.

Aspetti analitici nel settore delle costruzioni e inquadramento critico

A partire dalla crisi economica globale del 2007, l'industria delle costruzioni ha perso manodopera che non è più rientrata nello stesso settore. Nel quadro Italiano, l'*European Construc-*

6 Alcuni contenuti presenti in questo paragrafo sono stati estrapolati dalla tesi di dottorato IDAUP (International Doctorate in Architecture and Urban Planning) *Innovative construction systems within building processes. An approach to large-scale Additive Layer Manufacturing for the conservation of Cultural Heritage*, sviluppata presso l'Università di Ferrara da Sara Codarin sotto la supervisione di Roberto Di Giulio.

7 «You've heard of robots; what are cobots?», in *Forbes*, available at: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/12/15/youve-heard-of-robots-what-are-cobots/> (online: 01/03/2020).

8 Isaac Asimov è l'autore del racconto sci-fi «Circolo Vizioso (Runaround)» pubblicato nel 1942 sulla rivista *Astounding Science-Fiction*, in cui attraverso una trattazione sui robot positronici vengono espresse le famose Tre Leggi della Robotica. Nel 1985, con la pubblicazione *Robots and Empire* lo stesso Asimov aggiunge la Legge Zero, secondo la quale «un robot non può danneggiare l'umanità, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, l'umanità riceva danno». Da tale assioma deriva la riformulazione delle citate Tre Leggi. Prima Legge: un robot non può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno. Purché questo non contrasti con la Legge Zero. Seconda Legge: un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Legge Zero e alla Prima Legge. Terza Legge: un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Legge Zero, la Prima Legge e la Seconda Legge.

9 Definizione di robot dell'IFR, International Federation of Robotics, che adotta le linee guida della International Organization for Standardization. Nell'ISO 8373:2012 - «Robots and robotic devices» si legge: «an industrial robot is an automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications». Si veda: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:3.11> (online: 01/03/2020).

10 A fronte della mancata risposta ad esigenze concrete nel settore delle costruzioni, la Robotic Industries Association stima che entro il 2022 il mercato dei robot da costruzione raggiungerà un valore nel mercato di 321 milioni, crescendo a un tasso annuo costante di 8,7%. Si veda: <https://www.robotics.org/service-robots/construction-robots> (online: 27/04/2020).

11 Tra i sistemi che coniugano intelligenza artificiale e sistemi hardware autonomi *computer vision-based* da poter utilizzare nel settore delle costruzioni, si menzionano Voxel e Scale Robotics, available at: <https://www.doxel.ai/> e <https://www.scaledrobotics.com/> (online: 07/03/2020).

tion Sector Observatory nel 2018 riporta che il numero di lavoratori nel settore delle costruzioni è diminuita del 26,5% nella finestra temporale 2010-2016. L'impossibilità attuale di soddisfare la domanda di unità lavorative in cantiere, in particolar modo nelle economie del primo mondo, ne sta determinando l'aumento del valore di mercato, il quale avviene in concomitanza con la crescita del costo dei materiali da costruzione. In parallelo, il costo di robot sta scendendo gradualmente, facilitando gli investimenti nell'automazione.

Prendendo a riferimento il contesto statunitense, ove la crisi delle costruzioni è già stata superata, nel 2019 si registrava un'offerta di lavoro pari a 434.000 unità¹² nel settore AEC (architecture, engineering, construction). Uno dei motivi per cui vi è inerzia nell'occupare un numero consistente di posti dipende dalla mancanza di *skilled workers*, ovvero di manodopera qualificata in grado di gestire le complessità che ogni singolo progetto di costruzione presenta¹³, unitamente alle articolate interazioni che di volta in volta si verificano tra proprietari, progettisti, appaltatori e utenti finali.

Nel 2013, con l'articolo "Verso la Riduzione della Filiera Progettuale per Ottimizzare i Processi Produttivi ai Fini della Innovazione e della Competitività" Emilio Pizzi riporta una lucida analisi su come nuovi strumenti di controllo progettuale possano prefigurare scenari innovativi nel futuro delle costruzioni. Nel testo si afferma che la progressiva diffusione delle tecnologie BIM e l'appropriazione di *workflow* interoperabili «[...] possono costituire, assieme alla interconnessione con tecniche di produzione robotizzata, le premesse per un diverso dominio del progetto sulla definizione dei componenti, sul loro assemblaggio, sul ciclo di vita e sul loro possibile recupero e riciclaggio dopo la dismissione» (Pizzi, 2013). Le imprese di costruzioni che stanno sviluppando strumenti robotici si prefigurano gli obiettivi di ridurre le spese destinate alla manodopera, riorganizzare e velocizzare le sequenzialità operative ipotizzando che esse possano essere eseguite, ad esempio, anche di notte. È possibile immaginare una convivenza uomo-robot in cantiere dove i compiti potranno essere suddivisi ai fini dell'ottimizzazione del risultato. Se si confronta il costo e il tempo richiesti dall'uomo e da un robot per eseguire un compito, infatti, all'aumentare della complessità, l'automazione ripaga.

Le istanze qui analizzate hanno luogo in un momento che viene definito come una "tempesta perfetta", in cui il crescere del valore della manodopera si verifica in concomitanza con la sempre maggiore accessibilità economica dei robot e la loro conseguente diffusione nel mercato. In Italia, ad esempio, i dati aggiornati al 2016 mostrano come per 10.000 lavoratori impiegati nel settore del manufacturing corrisponde un numero di robot pari a 185, ovvero 25 in più rispetto al 2015 e al di sopra della media mondiale di 74¹⁴. Inoltre, l'avanzamento della ricerca in AI/ML, sta permettendo di programmare dispositivi per facilitare la collaborazione in sicurezza tra robot e macchine in una *work-cell* fisica validata attraverso simulazioni digitali, riconfigurando l'organizzazione del lavoro.

Ricadute culturali

I *trend* innovativi di cantiere in atto prefigurano un ruolo sempre più attivo dei robot come strumenti di interazione evoluta, diretta e in tempo reale tra il progetto, i suoi molteplici estensori e la fabbrica dell'architettura, in un *digital continuum* (Leach, 2002) che avrà ricadute sul controllo delle fasi decisionali e sulla gestione delle risorse umane ed economiche per la traslazione dai dati da digitali a materici. Lo sviluppo tecnologico permetterà inoltre di utilizzare strumentazione integrata direttamente in cantiere, accorciando la filiera produttiva di componenti e incidendo sulla sostenibilità dei processi. Ci si aspetta che il settore dell'architettura, solitamente ricettivo attraverso *technological transfer* delle evoluzioni tecniche che avvengono in altri settori, consideri prioritarie, al punto di divenirne *early adopter*, innovazioni per la realizzazione di obiettivi qualitativi a tutte le scale, mantenendo la centralità del progetto in tutte le fasi. Gli strumenti digitali¹⁵ oggi a supporto della produzione architettonica, infatti, consentono di eseguire iterativamente simulazioni virtuali finalizzate a visualizzare, in modo predittivo, sequenzialità costruttive, comportamento dei materiali e funzionamento delle macchine per la messa in opera di componenti. In particolare, robotica e digital fabrication permettono di effettuare una transizione quasi istantanea tra informazione digitale ed esecuzione fisica, definendo la possibilità di estendere la durata delle fasi di elaborazione progettuale, a beneficio della qualità architettonica e tecnologica finale.

La *Digital Transformation* comporterà che venga automatizzato tutto ciò che si può automatizzare, prendendo atto che "the robots want to leave the cage"¹⁶ per essere parte integrante dei workflow materiali negli spazi di lavoro ibridi uomo-macchina. Se la Prima e la Seconda Rivoluzione Industriale sono state determinate dall'avanzamento tecnologico dei così definiti *physical systems*, la Terza Rivoluzione Industriale ne ha raccolto l'eredità sviluppando i *cyber systems* i quali hanno trovato integrazione nella Quarta Rivoluzione Industriale con i *cyber-physical systems*. In questa circostanza è indispensabile saper gestire e comprendere concettualmente una sempre più crescente molteplicità di dati presenti in plurimi spazi d'informazione (Floridi, 2014). Nel prossimo futuro, i professionisti della filiera di produzione dell'architettura si troveranno ad operare in un'infrastruttura *cyber-fisica* definita da AI, machine learning e automazione robotica che inciderà nelle diverse fasi progettuali e nei linguaggi che li governano, ovvero linee di codice e algoritmi che traducono le forme costituenti l'architettura in parametri riconfigurabili all'infinito. Gli algoritmi stessi sono l'elemento di unione tra rappresentazione digitale e realizzazione fisica in quanto costituiscono lo strumento computazionale che regola al contempo geometria e cinematica, rendendo dinamici processi tradizionalmente statici e superando la linearità dei flussi di lavoro digitali.

12 Cilia J. (2019), "The Construction Labor Shortage: Will Developers Deploy Robotics?" in *Forbes*, available at: <https://www.forbes.com/sites/columbiabusinessschool/2019/07/31/the-construction-labor-shortage-will-developers-deploy-robotics/> (online: 07/03/2020).

13 "The Construction Industry Needs a Robot Revolution" in *Wired*, available at: <https://www.wired.com/story/the-construction-industry-needs-a-robot-revolution/> (online: 07/03/2020).

14 Fonte IFR - International Federation of Robotics. Per maggiori informazioni sulla crescita di robot sul mercato si veda: <https://www.therobotreport.com/10-automated-countries-in-the-world/> (online: 14/03/2020).

15 Tra gli strumenti avanzati per la progettazione architettonica maggiormente diffusi si menzionano: *Rhinoceros* per la modellazione geometrica, il plug-in *Grasshopper* per la progettazione algoritmica, infine *Kuka Pre* e *Hal* per la programmazione robotica, la quale consiste nella traduzione di algoritmi (input) in informazioni cinematiche (output) per la movimentazione dei robot, di cui è possibile visualizzare la simulazione virtuale. Tutti questi strumenti possono essere customizzati e adattati ad esigenze progettuali specifiche attraverso l'implementazione di linee di codice, comunemente strutturate secondo il linguaggio di programmazione *Python*.

16 *White Paper; Re-Imagining Work, Work 4.0*, documento redatto nel 2017 dal German Federal Ministry of Labor and Social Affairs.

References

- Abernathy, W. J., Clark, K. B. and Kantrow, A. M. (1983), *Industrial Renaissance*, Basic Books, New York, NY.
- Carpo, M. (ed.) (2013), *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT press, Cambridge, MA.
- Colgate, J. E., Edward, J., Peshkin, M. A. and Wannasuphprasit, W. (1996), “Cobots: Robots for Collaboration with Human Operators”, Proceedings of the 1996 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Atlanta, GA, November 17-22, 1996, vol. 58, pp. 433-439.
- Daugherty, P. R. and Wilson, H. J. (2018), *Human+ Machine: Reimagining Work in the Age of AI*, Harvard Business Press, Brighton, MA.
- Floridi, L. (2014), *The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Leach, N. (2002), *Designing for a Digital World*, John Wiley & Sons, London, UK.
- Marble, S. (ed.) (2012), *Digital Workflows in Architecture: Design-Assembly-Industry*, Walter de Gruyter, Berlin, DE.
- Pizzi, E. (2013), “Verso la Riduzione della Filiera Progettuale per Ottimizzare i Processi Produttivi ai Fini della Innovazione e della Competitività / Toward the Simplification of the Design Process Chain Aimed at Optimizing the Productive Processes to Improve Innovation and Competitiveness”, *Techne*, vol. 6, pp. 55-62.
- Schwab, K. (2017), *The Fourth Industrial Revolution*, Crown Business, New York, NY.

THE PUBLIC HOUSING REDEVELOPMENT PROCESS TOWARDS A NEW (IM-) MATERIAL CULTURE

Marina Block¹, Monica Rossi-Schwarzenbeck²

Abstract

This position paper addresses the issue of industrialized public housing and the related redevelopment processes through an investigation of the phenomena that, if on the one hand have led to its crisis, on the other hand have constituted the prelude for its possible release. In doing so, it goes through the double binary of material and immaterial components that have affected its evolution, tracing those case studies that, in the context of redevelopment processes, have embedded new parameters related to off-site and digitization, opening interesting perspectives for a new (im-)material culture.

Keywords: Building industrialization, Digitization, Mass housing, Redevelopment process, Fourth industrial revolution

¹ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, marina.block@unina.it

² Faculty of Civil Engineering, HTWK - University of Applied Sciences Leipzig (Germany), monica.rossi@htwk-leipzig.de



Fig. 1

Introduction

The transition from the building processes of the industrial age to the building processes of the digital age can be said to have begun at the same time as the failed history of public housing. The lack of interaction between manufacturing industry and mass housing, between architects and politics, in a perspective of massification has often neglected the needs of people in both the organization of spaces and the choice of techniques and materials, eroding the recognizability of human and social values.

Following the reconstruction, not only does the concept of permanence come to an end, so that architecture begins to address a reactive environment in which the inhabitants constantly communicate with the mechanisms of the project or “environmental calculation machines”. Indeed, the role of the designer and his relationship with the subject is turned towards the interaction between the designer and the system he designs, rather than between the system and the people who inhabit it. In this sense, the designer is no longer conceived as the authoritative person responsible for the final product, but is now the designer of the device that incorporates the immaterial components of computer-aided design and production (Pask, 1969).

Starting from the mistakes made in the mid-70s by the world of construction which, thanks to the decrease in costs and the advent of PCs, had begun to adopt digital systems without fully seizing the opportunity to update the processes of the production chain, new approaches and intangible strategies can be foreshadowed. In the field of industrialized housing redevelopment projects, at a time when traditional scientific knowledge is being replaced by huge datasets of experience, indexed in such a way that science and engineering return to the more heuristic approaches of craftsmanship, “testing things just to see if they work” and letting the computer generate alternatives (Carpo, 2017).

By adequately controlling these new available tools, is it really possible, as Tomás Maldonado said, to make people aware that the knowledge of the problems that the physical and social environment poses to them allows to find shared and participated solutions, actively contributing to safeguard and enhance the common heritage and to put a brake on the current unregulated expansion of things, the waste of resources and perverse side effects on the environment? (Maldonado, 1987) In a moment of rapid cultural changes, interventions are required to solve the relationship with the already built environment, to adapt it to the needs of the immediate future, without forgetting the permanence, so that the inhabitants can regain a link with its history, recovering the sense of their own identity. If «technology is the study of the sciences applied to the problems of transformation in the field of matter and thought» (Ciribini, 1967), how does material culture change in an era in which matter also consists of data and information?

Industrialized public housing between material and immaterial dimensions

During the 20th century, in the wake of the II Industrial Revolution and the Modern Movement’s studies, architecture opened up to new disciplines and the exploration of new materials and assembly techniques. Today, in the era of the IV Industrial Revolution, the opening is no longer only towards the disciplines of the built world, but also towards those of the digital world, which finally enable design to change in a completely new way «the existing circumstances in advantageous circumstances»¹. These have not only allowed the building to become a dynamic, responsive and interactive “third skin”², but have shifted the focus of the discipline from the field of the material to that of the immaterial³. The rediscovery of the theme of building industrialization leads us to reflect on the years of reconstruction, in which the standard, the ineliminable paradigm of mechanization⁴, had allowed the transition from craft production to a new way of producing and thinking about objects, leading to the spread of mass housing, a new objectivity that reduces to typologies.

The first sign of crisis were already seen in the second half of the 60s, at the beginning of post-modernism, when, for the first time, the standard seemed to have run out of time, due to new computational procedures: «following the structural reading of technical development and its applications in architecture, an approach to building industrialization that had contributed to deepen the gap between theories and building policies came to an end, making it possible to understand the limits of a disciplinary approach that borrowed its objectives from a schematic interpretation of social and productive relations»⁵.

In the 70s «the attention is no longer directed to the industrialization of the building as a whole, but to the development of techniques for the planing and monitoring of the parts of the building on the worksite»⁶. At the same time the explosion of the energy crisis did not immediately affect the principles and methods of construction so much that the construction sector continued to follow the processes of technological modernization of the supply chain, intertwining with the sociological experiments advanced by scientists and architects on new models of living – but it has led to the idea that the aim of architecture is to act in favour of the humans, focusing on the habitat of their metabolic system and relating the living to the life time of architecture, linked to both material and immaterial contexts⁷.

Starting from the 1980s – with the shift from the role played by mechanical technologies to electronic technologies and with the passage from economic strategies based on productive concentrations to those based on productive flexibility and diversification – a new organization of time and space began to be conceived, also in the residential sector⁸. The pervasive diffusion of information technologies and communication systems has deeply affected the space-time relationships between individuals, the organization and the rhythm of production and work activities,

1 Simon H. (1996), *The Sciences of the Artificial*, 3rd ed., Cambridge, MIT Press

2 cfr. Fitch J.M. (1972), *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Miffl in, Boston, tr. it. Girolamo Mancuso ed. (1980), *La progettazione ambientale – analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell’ambiente*, Franco Muzzio, Padova

3 cfr. Ratti C. (2019), “ArchiTALKS #12: Carlo Ratti”, available at: <https://www.isplora.com>

4 cfr. Giedion S. (1948), *Mechanization Takes Command: A Contribution to Anonymous History*, Oxford Press University

5 cfr. Schiaffonati F. (1988), “Prefazione: didattica del progetto e tecnologia dell’architettura”, in Crespi L. (ed.), *Guida alla lettura della Tecnologia dell’Architettura*, Alinea Editrice, Firenze

6 cfr. Zaffagnini M. (1981), “Le tecnologie per la residenza tra evoluzione ed involuzione”, in *Coscienza della città: edilizia e territorio nella realtà italiana*, E.A.Fiera, Bologna

7 cfr. Fitch J.M. (1972), *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Miffl in, Boston, tr. it. Girolamo Mancuso ed. (1980), *La progettazione ambientale – analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell’ambiente*, Franco Muzzio, Padova

8 cfr. Schiaffonati F. (1990), “Architettura e nuove tecnologie”, in Tronconi O. (ed.), *L’edificio intelligente*, Etas Libri, Milano.

causing a change in the approach to design due to the different roles assumed by the building⁹ which, from a container of collective and individual activities, begins to transform into a tool capable of supporting them and providing services.

The consideration of the principles and tools of informatics had already begun, on the other hand, in the 60s, when the architectural “mainstream” of the time saw the digital as part of a utopian thought. even though it did not have the technical knowledge or the technological means to put it into practice, the possible application of informatics to architecture began to become a common reason for reflection which, even if utopically, was a solution to social problems. In this sense, the Frazer’s “computer without computers” acts as a detector: at the end of the 60s, «we didn’t have computers, so the only thing we could do was to imagine that they existed, and also to imagine all the technological advances and socio-political changes necessary to make our dreams come true» (Frazer, 2005). Instead, with the irruption of systems theory and cybernetics, the project starts to be considered dynamic, able to change according to the parameters and data inserted in the process; moreover, passing from a mechanical production to a speculative one, we pass from a repetition of standardized elements to the possibility of producing infinite single objects: each discrete element of a digital representation is connected to the others through the software codification. The possibilities of flexibility and adaptability inherent in the use of machines and programs, allowed by digital thinking, have then made it possible to merge interactions, simulations of opposite alternatives, verification of hypothetical conditions, with incredible freedom (Ortega, 2017). Therefore it was necessary to define the dialectical relationships that should have occurred between new development and technological apparatus¹⁰. In fact, there was now a widespread awareness that the technological process could lead to a different attitude towards building production processes, in order to define choices, methods and resolutions that would establish a balance between means and goals¹¹.

At the same time, in a strong cultural season, these artefacts displayed phenomena of technical-constructive and systems degradation as well as typological-spatial obsolescence, due to design, production and assembly errors, extinguishing the enthusiasm with which they had been received at the time of their creation, which had made them a symbol of a culture that has however settled as material culture. In its heuristic meaning, this has in fact made it possible to identify a path that welcomes the anomalies that may occur and consistently transforms them into progressive slippages, in a process of acceptance, refutation and verification, which is the very essence of the innovative experience¹². Alongside the new demand for housing, the spread of the idea of the environment as a common good, which came in conjunction with the physical and social fracture of the bipolarized world, the science of complexity and governance as ways of organizing heterogeneous elements, between an evolution in the world of production and the demand for new technological performance that included light, sound, color, energy as new materials of the project.

At the same time, we entered an era of diversification, in which digital was not only used to create free forms, but also to concretize the “fold issue”, a concept of Leibnizian memory, in which digital tools not only allowed us to work on folding a new

field of formal experimentation, but allowed us to catch the “pulsional” dimension of thought, a reality that relates to the world and events, thanks to its productive power and its concatenations with other fields of knowledge and creativity (Allen, 2017). In those same years, the widespread reaction was the tendency to demolish the memories and images of the past, which was followed by the idea, also due to the high cost of demolition, to act where possible with more economically but also culturally sustainable re-functionalisation actions of the built environment.

Innovation opportunities for processes of refurbishment and management of the industrialized housing: some case-studies

Although with different timing, the countries of the two blocks have incorporated redevelopment policies related to impact reduction, process circularity, regeneration and re-use actions. Since the 2000s, in fact, among the most emblematic European experiences, different redevelopment strategies have emerged, led by the various size of the public residential heritage of each country, the specific cultural approaches, the resources deployed to address the problems related to degradation and the different sensitivity to the aesthetic-formal paradigms of architecture. The well-known interventions carried out since the first decade of the new millennium have seen the transfer of good practices from France, Germany and the Netherlands to countries that are not yet adequately aligned in their policies, such as Italy¹³, where a fragmented management structure between public and private property, sometimes inside the same building, has not encouraged a systematic and consistent spread of redevelopment interventions.

Despite the differences that characterise the various national situations, the main elements that mark the current housing issue in a different way from the past. The extreme fragmentation of demand, the increasingly close relationship between housing problems and new different issues (immigration, job insecurity and labour market flexibility, ageing population, changes in the traditional family, etc.) and the generalised decrease in public spending on the sector, with the progressive redefinition of the role of the public body and the consequent change in the forms and methods by which housing policies are defined and implemented¹⁴ have led EU Member States to face similar topics. These are renovating the housing stock, planning and combating uncontrolled urban sprawl, promoting sustainable development, helping young people and vulnerable groups to enter the housing market or promoting energy efficiency among homeowners; this has been compounded by the often public or publicly supported nature of the original housing interventions which make them a collective good to be treated with the aim of maximising the joint investments made in their construction. This has subsequently led Eastern European countries to incorporate, where possible, good intervention practices, bridging a delay caused by the decrease in housing demand in the early 90s, which has been followed by a new need for housing.

These redevelopment interventions also prelude to more recent experiences, which show an approach linked on the one hand to the promotion and dissemination of a new form of customised prefabrication for economic and low energy consumption buildings. At the same time the promotion and dissemi-

9 cfr. Ciribini G. (1987), Della «cultura tecnologica della progettazione», in Gangemi V., Ranzo P. (eds.), *Il governo del progetto*, Edizioni Luigi Parma, Bologna

10 cfr. Martinelli A., Zorzoli G.B. (1978), Chiave per un nuovo sviluppo o strumento di restaurazione?, in *Sapere*, n 811

11 cfr. Gangemi V. (1985), *Architettura e Tecnologia appropriata*, Franco Angeli, Milano

12 cfr. Nardi G. (1986), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Franco Angeli, Milano

13 cfr. Paris S., Bianchi R. (2018), *Ri-abitare il moderno. Il progetto per il rinnovo dell'housing*, Quodlibet Studio, Macerata

14 cfr. Clapham D. (2006), “Housing policy and the discourse of globalization”, in *European Journal of Housing Policy*, 6

Treehouses



Blauraum Architekten
Bebelallee 64-70,
Hamburg
completion 2010

Roofing addition with
prefabricated wood panels

House 08



Stephan Forster
Oleanderweg 24-45,
Halle Neustadt
completion 2010

Partial demolition and
change of living layouts

Florijn



Vanschagen Architecten
Ooltgensplaatweg,
Amsterdam
completion 2007

Integration between
demolition and new
building; collective uses
on the ground floor

La Chesnaie



Lacaton & Vassal | Druot
3 Rue des Ajoncs,
Saint-Nazaire
completion 2016

Light actions on housing
and collective spaces;
energy performance
improvement actions; user
involvement

Fig. 2

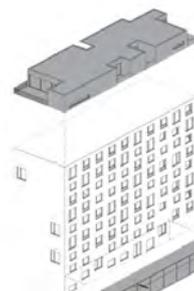
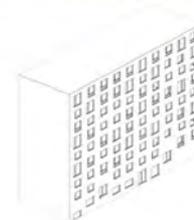


Fig. 3

The working scheme of Energiesprong in the Netherlands



319



Fig. 4

nation of a new generation of innovative, intelligent and low energy consumption buildings, using intangible technologies for the innovation of the design and the redevelopment process, linked to a greater and faster engagement of all actors involved, conveyed by a «universal approach to collaboration based on interoperability between different skills through open standards and workflows»¹⁵.

With reference to the first case, the “Energiesprong” experience, launched by the Netherlands since 2014, is an “industrial approach” to retrofitting, which takes advantage of off-site prefabrication of the main components to increase quality, performance, speed of installation and the possibility of large-scale implementation, leaving room for product customisation.

In fact, it is clear that for off-site prefabrication, in the renewed design for manufacturing and assembly, the watchwords are product circularity, recovery of productivity, adoption of agile and streamlined management, customization of the real estate product and its layered components, reduction of unit costs and execution times, through forms of prefabrication that, as in the “Glorious Thirty”, may risk being closely identified with industrialization, although today production and assembly are based on different notions of seriality and versatility. (Ciribini, 2017).

With reference to the second case, three case studies of considerable interest can be traced in which, for the first time, methodologies and tools related to collaboration using open formats through information models of buildings have been applied in the context of industrialized public housing redevelopment processes, reporting, on the one hand, a delay in their use in this area and, on the other hand, revealing that, where applied, they offer interesting procedural repercussions, ranging from greater control of the process phases – especially the construction site phase – to faster management during operation and agility in communication between operators, as well as between them and end-users. For the first time, digital thinking – today computational thinking – which since the 60s and through the III Industrial Revolution has flooded the world of architectural design, is intercepting a sector too often ignored by contemporary architectural debate, long “distracted” by the spectacular performance of huge self-referential buildings, a symbolic expression of the supremacy of the financial economy.

Outlooks

As part of the redevelopment of residences built with industrialized projects since the Second Industrial Revolution, it is now possible to take a leap forward, in the era of the Fourth Industrial Revolution, and make use of immaterial technologies to realign production processes with the manufacturing processes, the quality of the process with the quality of the project and allowing a renewed dialogue between the various stakeholders, through the simultaneous control of costs, techniques and financing and shortening the distance between production and implementation of interventions. In fact, the project and its implementation are increasingly subject to the need to increase the quality of the objectives without excessively affecting the costs and time spent to achieve it, in order to respond adequately to the demand for differentiated products – and a consequent greater possibility of choice – with less use of resources (Kieran, Timberlake, 2004). It is also possible to establish an active and ongoing dialogue between the actors in the process, so that everyone can be responsible for the proper management of these products,

knowing and exploiting the new available technologies, without the risk of “succumbing to industrialisation” again, just as it has happened in neglecting the process for the product¹⁶. And it is precisely in this process that we must look for the keystone of digital architecture: in those experiences that have privileged the analysis of design processes over their simple formal outcomes and that today, thanks to the power of contemporary technology, allow us to imagine new interactive worlds, combining the real and the virtual: «with the emergence of digital culture, the main contribution of architects can actually focus on the field of augmented reality, that is, on the interface between the virtual and the physical world, instead of focusing exclusively on the latter» (Picon, 2010). Those standardized systems, which had undergone a process of degradation and experienced their “non-standard” use, now enter a new era in which new process logics linked to the circularity of the same and to the digital dimension of the building, and scenarios of networks and platforms of actors aware and responsible for their role in the proper management of a *de-facto* public heritage, are set out. Such an approach is now more necessary than ever to address the major issue of “if and how to redevelop” than “if and how to demolish”, from a socio-technical point of view, by carrying out surveys and providing satisfactory solutions, in order not to break down a community spirit and also to address the new needs imposed by emergency situations, which reveal the inadequacy of housing in the face of long-term and mandatory #iorestoacasa and new needs related to smart working.

References

- Allen, S. (2017), “The paperless studios in context”, in Goodhouse, A. (ed.), *When is the digital in architecture?*, Canadian Center for Architecture, Sternberg Press, Berlin, DE.
- Carpó, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Ciribini, A. (2017), “Il Ritorno della Industrializzazione in Edilizia”, available at: <https://www.ingenio-web.it/7253-il-ritorno-della-industrializzazione-in-edilizia>
- Frazer, J. (2005), “Computing without Computers”, *Architectural Design*, vol. 77, pp. 54-61.
- Kieran, S. and Timberlake, J. (2004), *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*, McGraw-Hill Education, New York, NY.
- Lévy, P. (1999), *Collective Intelligence. Mankind's emerging world in cyberspace*, INGRAM PUBLISHER SERVICES, US.
- Maldonado, T. (1987), *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, Milano, IT.
- Ortega, L. (2017), *The Total Designer. Authorship in Architecture in the Post-Digital Age*, Actar Publishers, New York/Barcellona.
- Pask, G. (1969), “The architectural relevance of cybernetics”, *Architectural Design*, vol. 39, pp. 494-496.
- Picon, A. (2010), *Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions*, Birkhauser Architecture, Basel, CH.

¹⁵ cfr “Open BIM definition”, available at: <https://www.buildingsmart.org/>

¹⁶ Ciribini A. (2019), “Digitalizzazione e Processo Produttivo: Evoluzione e Scenario Internazionale”, available at: <https://www.ingenio-web.it/24472>

Wolvenrorcote RoadBuro Happold | Martin
Arnold Associates**Super-Montparnasse**Architecture Pelegrin |
Lair&Roynette**Winchester and
Woodthorpe Courts**

HLP Architects & Designers



Fig. 5

Fig. 1 - Timeline of the main events that have marked, in the material and immaterial field, the history of industrialized residential construction. Source: author's work

Fig. 2 - International best practices that refer to four different redevelopment strategies. House 08_Halle (Stephan Forster, 2003-10), Florijn_Amsterdam (Vanschagen Architecten, 2003-07); La Chesnaie_Saint-Nazaire (Lacaton & Vassal, Druot, 2006-16); Treehouses_Hamburg (Blauraum Architekten, 2006-10). Source: author's work

Fig. 3 - The Panelák project (2007-14), by GutGut Architects in Slovakia, incorporates the different strategies spread in Western Europe in the 2000s. Source: author's work

Fig. 4 - Energiesprong: the industrial approach to retrofit. Source: author's work from ioArch, 2017.

Fig. 5 - Wolvenrorcote Road_London (Buro Happold, Martin Arnold Associates, 2012), Super-Montparnasse_Paris (Architecture Pelegrin, Lair&Roynette, 2015), Winchester and Woodthorpe Courts_Nottingham (HLP Architects & Designers, 2019), three projects in which the information models allowed a better management of the building, also during the operational phase, and more agile communication between all stakeholders, users included. Source: author's work

33

TECNOLOGIA E GENERAZIONE DI HABITAT INNOVATIVI

Fabrizio Tucci¹

¹ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, fabrizio.tucci@uniroma1

La nostra epoca, caratterizzata da questioni che spingono a definirne l' "era delle crisi e dell'incertezza", vede la disciplina della Tecnologia dell'Architettura protagonista della sperimentazione e generazione di *habitat* innovativi per contribuire a dare risposta alle principali sfide del futuro, che implicano l'impegno e il lavoro su 4 assi portanti: progettare in un'epoca di "crisi" (culturale, sociale ed economica); progettare in condizioni di "emergenza" (ambientale/climatica, umanitaria, abitativa); progettare in uno stato di "scarsità di risorse" (materiali e immateriali); progettare in condizioni di "incertezza" (trasversali a tutte le precedenti).

Ma è anche l'"era digitale e della digitalizzazione", l'epoca della rivoluzione delle modalità di accesso all'informazione, della continua mobilitazione delle competenze, dell'espressione di un'intelligenza diffusa, connessa e coordinata in tempo reale, della apparentemente illimitata possibilità di consultazione, utilizzo e scambio di dati; l'era segnata dalla creazione e auto-dotazione delle *ICT e delle KETs*, con protagonisti, tra gli altri, *IoT, big and open data, simulation and modelling systems, digital fabrication, computational design, virtual reality, augmented reality, generative systems*. Si impone, dunque, una riflessione sulla possibile innovazione degli approcci e delle visioni per quelli che nella III sezione del presente volume vengono chiamati "*habitat* innovativi", nelle prospettive di un futuro segnato dall'era delle crisi e degli sviluppi digitali. I seguenti appunti sono stati sviluppati a partire dal bacino di confronto con una parte di quella produzione scientifica, disciplinare e extra-disciplinare, che in anni recenti ha espresso posizioni differenziate sulle questioni in gioco.

Approcci

Nel confronto internazionale, tra i principali approcci al progetto di *habitat* con finalità di innovazione e di risposta alle sfide epocali sopra richiamate, i seguenti appaiono particolarmente interessanti per gli scenari futuri, che implicitamente o esplicitamente sottendono:

Generative-interactive approach, che dialoga con il *Collaborative-iterative approach* e il *Social innovation approach*; approcci che implicano una rinnovata concezione sistemica propria

TECHNOLOGY AND INNOVATIVE HABITATS GENERATION

Our time, marked by questions that push towards defining it as the "era of crises and uncertainty", sees the discipline of Architectural Technology as a protagonist in the experimentation and generation of innovative *habitats*, in the attempt and desire to provide some responses to the main challenges of the future, which mean commitment and work on 4 pillars: designing in a time of "crisis" (cultural, social, and economic); designing in "emergency" conditions (environmental/climate, humanitarian, housing); designing in a state of "scarce resources" (material and immaterial); designing in conditions of "uncertainty" (wholly cutting across the previous ones).

But it is also the "digital and digitalization era", the time of revolution in the ways of accessing information;

of continuous mobilization of skills; of the expression of an intelligence that is widespread, connected, and coordinated in real time; of the apparently unlimited possibility for consulting, using, and exchanging data. It is the era marked by the creation and self-endowment of ICT and of KETs, with leading roles played by, among other things, the, IoT, big data and open data, simulation and modelling systems, digital fabrication, computational design, virtual reality, augmented reality, and generative systems.

Reflection is therefore needed on the possible innovation of approaches and visions for what the third section of this volume calls "innovative *habitats*" in the prospects of a future marked by the era of crises and of digital developments.

A reflection is therefore required on the possible innovation of approaches and visions for what in the title of the III section of this volume are called "innovative *habitats*", in the perspective of a future marked by the era of crises and digital developments. The

della cultura tecnologica del progetto, che può condurre all'affermarsi di processi "generativi" e "collaborativi" del progettare gli *habitat*, la cui tensione è verso la capacità di generare scambi interattivi, relazioni molteplici non-lineari, interfaccia con la complessità delle realtà sociali dell'abitare (Perriccioli, 2017) per una "città attiva", dove protagonista è anche la condivisione e interdipendenza dinamica fra i molteplici fattori agenti nel medesimo ambiente, alla costante ricerca di punti di sintesi ed equilibrio secondo la teoria del *Fließgleichgewicht* (von Bertalanffy, 2004).

Infra-disciplinary approach, che spinge chi governa la produzione del progetto dell'*habitat* a muoversi nei confini "tra" le discipline, che i nostri stessi padri disciplinari hanno sempre ricercato: oltre una collaborazione e integrazione di saperi (multi-disciplinare), oltre un profondo scambio di punti di vista scientifici e una sintesi (inter-disciplinare) (Reuter, 2013), anche una prova di interazione osmotica esercitata dai luoghi, tutti da esplorare, posti nei limiti, o nei punti di contatto, *infra-discipline*.

Dynamic-responsive approach, per cui i rinnovati caratteri del progetto dell'*habitat* dovranno essere capaci di abilitare i sistemi ambientale, urbano e architettonico interagenti in quell'*habitat*, a rispondere alle costanti interazioni con i mutamenti in atto in modo insieme sinergico (Haken, 2013), dinamico (Hensel, Nilsson, 2018) e reattivo-resiliente (Eilenberger, 2018); una gestione dell'ambiente costruito, dell'economia che esso sottende e delle loro interazioni, che si basa sulla specifica capacità dei caratteri tecnologici del sistema progettato di reagire e "riorganizzarsi dinamicamente", dunque la più naturale e meno dispendiosa di risorse.

Cognitive-perceptive approach, che muove dall'assorbimento e rielaborazione degli insegnamenti dalle neuroscienze (Pallasmaa, 2011), nella consapevolezza, da parte del progettista e ricercatore, della centralità dei processi cognitivi e percettivi che si attuano nell'utente-cittadino immerso negli spazi dell'abitare fonti di quegli stimoli, che il progetto teso a generare un nuovo *habitat* può implementare mettendo in gioco le innovative modalità predittive di tali processi nello sviluppo ideativo e progettuale.

Simulation and modelling approach, Computational and Data-

following notes have been developed starting from the wealth of viewpoints present in a part of that scientific and disciplinary and extra-disciplinary production, that in recent years has taken differentiated positions on the issues involved.

Approaches

In international settings, among the main approaches to *habitat* design with the aim of innovation and response to the epochal challenges mentioned above, the following appear to be particularly interesting for some of the future scenarios that implicitly or explicitly underlie:

Generative-interactive approach, which dialogues with the *Collaborative-iterative approach* and the *Social innovation approach*. These approaches involve a renewed systemic conception typical of the technological culture of design, which may lead to the affirmation of "generative" and "collaborative" processes of *habitat* design. The tendency is towards the ability

to generate interactive exchanges, multiple non-linear relationships, and interface with the complexity of the social realities of living (Perriccioli, 2017) for an "active city," in which the central player is also the sharing and dynamic interdependence among multiple factors acting in the same environment, in the constant search for points of synthesis and balance in accordance with the theory of *Fließgleichgewicht* (von Bertalanffy, 2004).

Infra-disciplinary approach, that leads those governing the production of *habitat* design to move within the boundaries "between" disciplines that our own disciplinary forebears always sought: beyond a collaboration and integration of knowledges (multidisciplinary), beyond a profound exchange of viewpoints and a synthesis (interdisciplinary) (Reuter, 2013), also as a proof of osmotic interaction performed by placed at the contact points, or within the *infra-discipline* limits.

Dynamic-responsive approach, by which the renewed traits of *habitat* design

driven approach, che rappresentano una condizione metodologica di lavoro importante – forse in futuro un passaggio obbligato – per l'affinamento dell'apparato conoscitivo-cognitivo dello stato di fatto (Vidal, et al., 2016) e per la più corretta prefigurazione simulativa dei comportamenti e delle *performance* dello stato di progetto trasformativo di un determinato *habitat* (Auer et al., 2017); dimensione di metodo e di operatività che permette di innescare i virtuosi processi di *simulation ex ante – modelling – simulation ex post* di cui una parte integrante importante è costituita da ripetuti momenti di *feed back*.

Self-reliant approach, per il quale l'*habitat* progettato e innovato, il suo ambiente costruito, la sua architettura, le sue relazioni, devono diventare sistemi “autopoietici” (Schumacher, 2011) capaci di assicurarsi un'esistenza ininterrotta anche attraverso un'auto-rigenerazione sequenziale e funzionale delle loro componenti (Ireland, Zaroukas, 2015), che vengono aggregate e scisse lasciando l'intensità dei processi sempre in armonia con l'unità del sistema e con l'identità della sua organizzazione, in un perenne processo di apprendimento collettivo e comportamentale.

Error-friendliness approach, che implica “buona disposizione verso gli errori” (Von Weizsäcker, 2010): non solo “tolleranza degli errori”, ma anche “cooperazione flessibile e amichevole” con essi, che produca una progressiva “robustezza adattiva” del sistema-*habitat*. Si è visto come nella stessa teoria dell'evoluzione delle specie i processi evolutivi non comportino mai l'eliminazione degli errori e fallimenti che, anzi, ne sono un elemento indispensabile (Nachtigall, 2015): un fattore progettuale che deve diventare imprescindibile in una visione rinnovata del futuro comportamento prestazionale dei sistemi tecnologici dell'architettura e dell'*habitat*.

Green Building approach, che dialoga con l'*Ecosystemic approach*, il *Light Resource approach*, il *Life Cycle approach* e il *Biomimetic approach*; approccio complesso animato dagli obiettivi della sostenibilità ambientale, sociale ed economica, sui quali immette, facendole sue, le istanze della *Green Economy* e del suo pilastro *Circular Economy* (SGGE, 2017). Un approccio che indirizza le dimensioni del *Progettare* e del *Costruire habitat* innovativi sulle strategie della rigenerazione e riqualificazione *green* dell'esistente in un'ottica di complessità, della tutela del suolo, della capacità di resilienza, adattamento e mitigazione, della efficienza energetica e bioclimatica, della circolarità delle risorse, del dialogo anche in senso bio-mimetico con la Natura (Tucci, 2018); promuovendo nella

rinnovata concezione eco-sistemica dell'Abitare una conversione ecologica e verde delle città, dell'architettura, dei modi di vivere, produrre e consumare (GCN, 2018), anche considerando le potenzialità insite nell'ottica della *sharing economy*; incentivando un ruolo attivo di tutti gli attori dei processi trasformativi degli *habitat*, per una piena affermazione della più avanzata cultura tecnologica e ambientale del progetto.

Visioni

Di seguito, alcune tracce di lavoro che forniscono la base per degli approcci di metodo, utili a rispondere alla domanda: “cosa significa, per una progettazione animata da una profonda cultura tecnologica e mossa da una urgente esigenza di innovare gli *habitat* a fronte di sfide epocali, costruire in prospettiva una visione per un futuro più desiderabile?”.

Consapevole che questi appunti sono meno che mai esaustivi delle tante possibili linee di sviluppo dei futuri *habitat* innovativi, ciò significa:

- avere il coraggio di riacquisire – seppure nelle condizioni di disciplina “a statuto debole” – il ruolo di “cerniera” nelle complesse fasi processuali per la comprensione, indirizzo e progettazione dei fenomeni naturali, comportamentali e organizzativi, secondo lo spirito che sul piano internazionale anima l'agire inter-disciplinare e la dimensione logica e culturale in cui si coordinano le complesse declinazioni e i differenti caratteri del progetto di *habitat*;
- concepire l'architettura in senso multi-scalare e trasversale, trascendendo dalle presunte “specificità” della dimensione di scala che hanno sempre spinto verso una separazione dei momenti progettuali, dal dettaglio, al componente, all'edificio, al quartiere, alla città, al territorio, al paesaggio, per riappropriarsi di una visione olistica che è sempre stata dietro la concezione – spontanea o consapevole, informale o morfologicamente concepita, intrinsecamente connaturata o scientificamente instillata – della qualità e della sostenibilità nel progetto delle trasformazioni degli *habitat*;
- promuovere il livello di “efficienza ecosistemica” dell'*habitat* in cui si interviene al contempo in senso globale, diffuso e locale, favorendone l'aumento anche del grado di “efficacia ecosi-

must be capable of enabling environmental, urban, and architectural systems interacting in that *habitat* to respond to constant interactions with the changes taking place, in a way that is at once synergistic (Haken, 2013), dynamic (Hensel, Nilsson, 2018), and reactive/resilient (Eilenberger, 2018); a management of the built environment, of the economy underlying it, based on the specific capacity of the technological characteristics of the designed system to react and “dynamically reorganize”; therefore the most natural and least resource-intensive.

Cognitive-perceptive approach, that starts from the absorption and re-elaboration of the teachings of the neurosciences (Pallasmaa, 2011), in the awareness, by the designer and researcher, of the centrality of the cognitive and perceptive processes that are actuated in the user/citizen immersed in the spaces of inhabiting sources of those stimuli, that the project aimed at generating a new *habitat* can implement by putting into play the innovative predictive methods of such processes into conceptual and design development.

Simulation and modelling approach, *Computational and Data-driven approach*, that represent a methodological condition

of important work – perhaps in the future a mandatory step – for the refinement of the knowledge-cognitive apparatus of the *de facto* state (Vidal, et al., 2016), and for the more correct simulative prefiguration of the behaviour and the performance of the design state (Auer et al., 2017); this dimension of method and operativity makes it possible to trigger virtuous *ex ante* simulation processes – modelling – and an *ex post* simulation of which an important integral part is constituted by repeated moments of feedback.

Self-reliant approach, for which the designed and innovated *habitat*, its built environment, its architecture, its relationships, must become “autopoietic” systems (Schumacher, 2011) capable of ensuring themselves an uninterrupted existence, also through a sequential and functional self-regeneration of their components (Ireland, Zaroukas, 2015), which are aggregated and split, leaving the intensity of the processes at all times in harmony with the system's unity and with the identity of its organization, in a perennial process of collective and behavioral learning.

Error-friendliness approach, that implies “well-disposed towards errors”

(Von Weizsäcker, 2010): not just “tolerance of errors”; but also “flexible and friendly cooperation” with them, which produces a progressive “adaptive hardness” of the system. It has been seen that in the very theory of the evolution of the species, the processes of evolution never involve eliminating errors and failures which, in fact, are an indispensable element (Nachtigall, 2015): a design factor that must become essential in a renewed vision of the future performance behaviour of technological systems of architecture and of the built environment.

Green Building approach, which dialogues with the *Ecosystemic approach*, the *Light Resource approach*, the *Life Cycle approach* and the *Biomimetic approach*; a complex approach animated by the objectives of environmental, social, and economic sustainability, upon which it introduces, and appropriates, the demands of the Green Economy and of its Circular Economy pillar (SGGE, 2017). It is an approach that directs the dimensions of *Designing* and of *Building innovative habitats* onto the strategies of green requalification and regeneration of the existing elements in a complexity

perspective; and onto the strategies of land protection, of the capacity for resilience, adaptation, and mitigation, of energy and bioclimatic efficiency, and of the circularity of resources, of dialogue also in a biomimetic sense with Nature (Tucci, 2018); by promoting, in the renewed ecosystemic conception of *Dwelling*, an ecological and green conversion of cities, of architecture, of ways of living, producing, and consuming (GCN, 2018), also considering the potential inherent in the *sharing economy*; and by incentivizing an active role of all the players in the transformative processes of *habitats*, for a full affirmation of the most advanced technological and environmental culture of design.

Visions

Below are the working outlines that provide the basis for some method approaches, useful to respond to the question: *What does it mean, for a design animated by a profound technological culture and driven by an urgent need to innovate habitats in the face of epochal challenges, to build, looking forward, a vision for a more desirable future?* Aware that these notes are less than

stemica”, ovvero della qualità, quantità e rapidità degli scambi che i fattori trofici stabiliscono tra di loro e con gli altri elementi del sistema rispetto alle risorse messe in gioco per attuarli;

- valorizzare la capacità dei sistemi progettati di adattarsi e interagire, come un organismo vivente, con le variazioni dei fattori esterni materiali e immateriali, aumentando la capacità di costruire continuamente nuove stabilità nei processi dinamici di costante interazione dell’architettura di quell’*habitat* col suo intorno biofisico e ambientale;
- promuovere il grado di sicurezza e protezione del sistema-*habitat* progettato, il che comporta la duplice esigenza di “bassa vulnerabilità” (un basso grado di danneggiabilità del sistema da parte di un evento esterno) e di “alta resilienza” (un’alta capacità del sistema di riprendersi dal danno subito e di ripristinare gli equilibri ambientale ed ecologico);
- promuovere il grado di “giustizia”, ovvero il modo in cui benefici e costi sociali/ambientali vengono distribuiti fra tutti i componenti del sistema abitativo e il modo in cui essi possono accedere e usufruire dei beni e servizi prodotti. In maniera più ampia, significa farsi promotori di assetti di comportamenti nella società che pongano sempre in primo piano le istanze della partecipazione, condivisione e inclusione dei fruitori degli spazi progettati, degli utenti dei servizi e delle prestazioni erogate, ma anche dei committenti, dei normatori e amministratori pubblici, degli operatori, nell’attuazione dei processi di progetto dell’*habitat*.
- ottimizzare la “produttività ecologica” del sistema abitativo oggetto della trasformazione progettuale, puntando su riduzione del consumo di risorse, massimizzazione della durabilità di materiali e componenti, del riuso e riciclaggio, minimizzazione/azzeramento delle emissioni nocive, e impostazione circolare del progetto dell’*habitat* attenta a valorizzarne i suoi cicli di vita, per approdare a una rinnovata visione dove la percezione degli elementi caratterizzanti l’apporto equilibrato a un miglioramento della *life and environmental quality* sia basato su concetti quali riduzione, separazione, conservazione, riuso, riqualificazione e rigenerazione, in antitesi ai dominanti principi, tipici delle città e degli *habitat* “non responsabili”, di aumento (dei consumi, della popolazione, della densità), di saturazione (degli spazi, del costruito, dei servizi), di dissipazione (dell’e-

nergia, delle risorse, dell’economia) e di spreco (di materiali, di rifiuti, di risorse primarie).

Significa, soprattutto, non considerare gli approcci e le visioni come fattori a sé stanti, statici e separati gli uni dagli altri, ma concepirli come parti attive di un progetto strategico in costante evoluzione e aggiornamento, che le veda co-partecipanti nella definizione di futuri scenari in cui i processi di trasformazione degli *habitat* si informino, si nutrano, si caratterizzino con l’apporto di tutte quelle che le condizioni di contesto consentiranno di mettere in gioco.

References

- Auer, T., Melis, A. and Aimar, F. (2017), *Disruptive Technologies. The integration of advanced technology in architecture and radical projects for the future city*, Wolters Kluwer, Milano.
- Eilenberger, G. (2018), *Reguläres und chaotisches Verhalten Hamiltonscher Systeme. Ferienkurs Nichtlineare Dynamik in kondensierter Materie*, Kernforschungsanlage Jülich, Amburgo.
- GCN Green City Network (2018), *Linee Guida per le Green City*, SUSDEF Pubblicazioni, Roma.
- Hensel, M. and Nilsson, F. (2018), *The Changing Shape of Architecture*, Routledge, Londra.
- Haken, H. (2013), *Advanced Synergetics*, Springer, New York.
- Ireland, T. and Zaroukas, E., (2015), *Actuating (Auto)Poiesis*, Bertalanffy Center for the Study of Systems Science, Emscr Publishing, Vienna.
- Nachtigall, W. and Wisser, A. (2015), *Bionics by Examples*, Springer, New York.
- Pallasmaa, J. (2011), *Lampi di pensiero. Fenomenologia della percezione in architettura*, Pedragon Edizioni, Bologna.
- Perriccioli, M. (2017), “Innovazione sociale e cultura del progetto”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n.14, pp. 25-31.
- Reuter, W. D. and Jonas, W. (2013), *Thinking Design Transdisziplinäre Konzepte für Planer und Entwerfer*, Birkhäuser Verlag, Basilea.
- Schumacher P. (2011), *Autopoiesis of Architecture*, John Wiley & Sons, Londra.
- SGGE Stati Generali della Green Economy (2017), *La Città Futura. Manifesto della Green Economy per l’architettura e l’urbanistica*, SUSDEF Pubblicazioni, Roma.
- Tucci, F. (2018), *Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*, Altralinea, Firenze.
- Vidal, R., Ma Y. and Sastry, S. (2016), *Generalized principal component analysis*, Springer, New York.
- Von Bertalanffy, L. (2004), *Teoria generale dei sistemi*, Mondadori, Milano.
- Von Weizsäcker, C. (2010), “Fehlerfreundlichkeit”, in Kornwachs, K. (eds), *Offenheit Zeitlichkeit Komplexität. zur Theorieoffener Systeme*, Campus Verlag, Francoforte.

ever exhaustive of the many possible lines of development of future innovative *habitats*, this means:

- having the courage to reacquire – albeit in conditions of “weak-statute” discipline – the role as “linchpin” in the complex process phases for understanding, guiding, and planning natural, behavioural, and organizational phenomena, in accordance with the spirit that, on the international level, animates the interdisciplinary action and the logical and cultural dimension in which the complex articulations and the different features of the *habitat* project are coordinated;
- conceiving architecture in a multi-scalar and transversal sense, transcending the presumed “specificities” of the dimension of scale that have always encouraged a separation of design moments, from the detail to the component, building, neighbourhood, city, territory, and landscape, in order to reappropriate a holistic vision that has always been behind the conception – spontaneous or aware, informal or morphologically conceived, intrinsically inherent or scientifically instilled – of Quality and Sustainability in the project of the transformations of the

habitats;

- promoting the level of “ecosystemic efficiency” of the *habitat* in which the intervention is made, in a global, widespread, and local sense at the same time, fostering its increase also of the degree of “ecosystemic effectiveness,” or of the quality, quantity, and rapidity of exchanges that the trophic factors establish among themselves and with the other elements in the system, with respect to the resources put into play to implement them;
- valorizing the ability of the designed systems to adapt and interact, as a living organism, with the variations of the external material and immaterial factors, augmenting the degree of stability – or, better, the ability to continuously construct new stabilities – in the dynamic processes of the constant interaction of the architecture of that *habitat* with its biophysical and environmental surroundings;
- promoting the degree of safety and production of the designed *habitat*-system, which entails the dual need of “low vulnerability” (a low degree of the system’s damageability by an outside event) and of “high resilience” (a high

capacity of the system to recover from the damage suffered, and to restore the environmental and ecological balances);

- promoting the degree of “justice,” which is to say the way in which social/environmental costs and benefits are distributed among all the components of the dwelling system, and the way in which they can access and exploit the goods and services produced. In a broader way, it means becoming promoters of arrangements of behaviours and interactions in society that place more and more importance on the demands of participation, sharing, and inclusion of the users of the designed spaces, the users of the services and of the delivered performance, but also: of the customers, of the regulators and public administrators, and of the operators, in implementing the processes of the *habitat* project.
- optimizing the “ecological productivity” of the dwelling system that is the object of design transformation, based on the principles of reducing the resource consumption, maximizing the durability of materials and components, reuse, and recycling, minimizing harmful emissions, or reducing them to zero; and tending

towards a circular arrangement of the *habitat* project, attentive to valorizing its life cycles, to arrive at a renewed vision, in which the perception of the elements characterizing the balanced contribution to an improved life and environmental quality is based upon such concepts as reduction, separation, conservation, reuse, requalification, and regeneration, in antithesis to the dominant principles typical of the city and of “non-responsible” *habitats*: increase (in consumption, population, density), saturation (of spaces, of the built area, of services), dissipation (of energy, of resources, of the economy), and waste (of materials, of refuse, of primary resources).

It means, above all, not considering the approaches and the visions as factors unto themselves, static and separate from one another, but conceiving them as active parts of a strategic project in constant evolution and updating, that sees them as co-participants in the definition of future scenarios in which the processes of transformation of the *habitats* are informed, nourished, and characterized with the contribution of all those visions that the conditions of context will allow to be put into play.

3.a Responsive habitat technologies able to transform their performance and configurations if stimulated by the environment and users

3.b Processes able to offer habitat dynamic organization responses through the interaction between environmental, technological and social components

3.c Evolutionary and adaptive strategies for living capable of foreshadowing and allowing a plurality of possible and alternative configurations, at various scales, within frameworks of shared rules

3.a Tecnologie per habitat responsivi capaci di mutare le proprie prestazioni e configurazioni se stimolati dall'ambiente e dagli utenti

3.b Processi capaci di proporre risposte dinamiche di organizzazione degli habitat attraverso l'interazione combinata tra le componenti ambientali, tecnologiche e sociali

3.c Strategie evolutive e adattive per l'abitare in grado di prefigurare e di consentire una pluralità di configurazioni possibili e alternative, alle varie scale, entro quadri di regole condivise

3.a

GAMING URBANO PER LA RIGENERAZIONE

Luciana Mastrodonardo¹, Manuela Romano²

Abstract

Una efficace azione di “rigenerazione” urbana agisce non solo sul degrado fisico, ma soprattutto sul disagio sociale, affiancando alla riqualificazione ambientale, azioni inclusive e aperte, attinenti al campo abitativo, socio-sanitario, formativo, occupazionale e dello sviluppo culturale e di impresa. In uno scenario così complesso la risposta deve articolarsi e usare nuovi strumenti. Si propone e si sperimenta un gioco di quartiere in grado di usare le nuove tecnologie e far interagire i partecipanti con i luoghi fisici, la lettura e gli eventi per ri-costruire senso di appartenenza e riconoscimento dei luoghi e delle relazioni.

Keywords: Rigenerazione urbana, Welfare locale, Habitat, Gaming

¹ SAAD – Scuola di Architettura e Design Eduardo Vittoria, Università di Camerino, luciana.mast@gmail.com

² Dipartimento di Architettura, Università degli Studi G. d’Annunzio Chieti – Pescara, manuela.romano@giallo.it

INbiblioGAME
Il GIOCO di **INsegnaLIBRO** e della Biblioteca Casa di Quartiere “Di Giampaolo”

PER COLTIVARE LA FANTASIA

Incontri preliminari di CO-progettazione del GIOCO di QUARTIERE **INbiblioGAME**

mm millimetri

Vuoi PROGETTARE CON NOI di millimetri il GIOCO INbiblioGAME?

INbiblioGAME è il primo gioco di quartiere, a Pescara, che coinvolge i quartieri di San Donato, Villa del Fuoco e Rancitelli, in una competizione positiva per coltivare la fantasia attraverso la lettura e l'interazione con la Biblioteca F. Di Giampaolo e le attività che ruotano intorno al suo progetto di CASA DI QUARTIERE.

A GENNAIO PROGETTEREMO INSIEME LE REGOLE DEL GIOCO CHE SI SVOLGERÀ DA MARZO 2020.

I PREMI? Libri, giochi e aperitivi da ritirare in tutto il quartiere...

GIOCA con noi e aiutaci ad elaborare le regole del gioco!

PRIMO INCONTRO
Martedì 14 gennaio ore 16.00

SECONDO INCONTRO
Martedì 21 gennaio ore 16.00

TERZO INCONTRO
Martedì 28 gennaio ore 16.00

QUARTO INCONTRO
Martedì 4 febbraio ore 16.00

Presso la Biblioteca casa di quartiere F. Di Giampaolo
via Tiburtina 97/25 - Pescara

Per informazioni contattare l'associazione millimetri: associazione.millimetri@gmail.com | 320/8184794 (Luciana)

UN LIBRO IN REGALO A TUTTI I PARTECIPANTI AGLI INCONTRI!

INsegnalibro
CASA DI QUARTIERE Biblioteca Di Giampaolo

CULTURA URBANA

AGENZIA PROMOZIONE CULTURALE
BIBLIOTECA F. DI GIAMPAOLO
CASA QUARTIERE

REGIONE ABRUZZO

La complessità dei mezzi nella rigenerazione

La gestione delle problematiche sociali di quartieri prioritari e complessi¹, riguarda aspetti trasversali che partono dal problema casa, ma si legano spesso ad altre questioni chiave: illegalità diffusa, mix sociale esplosivo, degrado urbano e sociale, mancanza di sicurezza, di prospettive, di fiducia reciproca, di diritti, di servizi e di presidi territoriali. Queste emergenze, unitamente alle derive neoliberiste della *sharing economy* e all'aumento di soluzioni informali, propongono una rinnovata attenzione al tema del sociale, nelle sue numerose interazioni con la sfera economica, ambientale e culturale (Mastrolonardo et al., 2018).

La qualità dell'abitare, e con essa la qualità del vivere dipendono sempre più dalle relazioni tra la casa e il contesto: le relazioni a distanza (assicurate dalle reti di trasporto e dalle reti delle telecomunicazioni, sempre più informatizzate) e le relazioni di prossimità (Consonni, 2019), si collocano in uno spazio tra le cose, fisico e non. La rigenerazione, passa dunque attraverso un percorso di "riumanizzazione" dei luoghi, dotandoli di infrastrutture in grado di generare qualità nella connotazione di nuovi habitat urbani.

Le politiche di sviluppo urbano promosse e condotte negli ultimi anni in Europa² e in Italia³, confermano come proprio le componenti culturali e sociali rivestono un ruolo sempre più rilevante, quale "strumento" che consente di intercettare e valorizzare risorse latenti (materiali e immateriali) e costruire nuove interazioni tra le stesse per una più efficace azione di rigenerazione. La complessità di questi processi può essere gestita attraverso il coinvolgimento dei soggetti che nelle varie forme vivono e animano quotidianamente i luoghi, ed è fondamentale per generare nuove traiettorie per il progetto. Spesso, infatti, ci si deve muovere con inedite modalità di approccio e di soluzione dei problemi i quali attribuiscono nuovo valore a forme di coordinamento di natura orizzontale, valorizzando le capacità collaborative tra soggetti, che trovano un allineamento di interessi in vista di un obiettivo comune (Sennet, 2012). Una forma di innovazione che trova nelle nuove piattaforme digitali un supporto fondamentale per diffondere ed estendere l'influenza di nuove pratiche sociali, coniugando due principi apparentemente opposti: individuare le specificità di interventi mirati, spesso a carattere locale, e la possibilità di costruire reti sociali allargate (Perriccioli, 2017).

Esempi come il progetto "Co-city"⁴ dimostrano come questo approccio possa rappresentare una reale risposta anche alla crisi economica. La collaborazione tra abitanti, associazioni e altri soggetti civici – elemento centrale del progetto – fa emergere un nuovo senso di comunità e nuove opportunità nella produzione di servizi innovativi nelle periferie. La co-gestione e co-progettazione degli interventi di rigenerazione di spazi in abbandono e beni comuni urbani, controllata attraverso i patti di collaborazione, alimenta inoltre un nuovo *welfare* urbano, con proposte per la co-produzione di servizi e idee di impresa di comunità, condivise e monitorate attraverso piattaforma. Il progetto si lega alla

rete "Case di Quartiere" – luoghi di presidio sociale e culturale, discussione e di rafforzamento del legame sociale, dislocati in spazi messi a disposizione dal comune in diverse aree della città di Torino – e contribuisce a valorizzare il sistema di associazionismo già attivo, generando nuovi flussi di innovazione sociale e cultura in aree complesse.

Le numerose esperienze in corso di svolgimento evidenziano la necessità di mettere al centro della progettualità le interazioni tra il capitale sociale e territoriale, stabilendo nuove modalità di gestione e collaborazione tra i diversi attori per una rinnovata interazione fra progetto architettonico e aspetti sociali. La necessaria rivisitazione del progetto richiede una visione critica all'autoreferenzialità disciplinare per la crescente complessità del reale e sulle domande poste al progetto. La diffusione di nuove modalità operative che puntano a migliorare la qualità della vita attraverso espedienti mutuati da altri campi come quello ludico, aiutano a superare la *comfort zone* dei singoli, per migliorare l'interazione con lo spazio sociale e fisico. La cultura diventa quindi matrice dei processi di rigenerazione urbana per l'ibridazione dei luoghi e l'innesco di cambiamenti.

Il gioco per ricostruire lo spazio *in-between*

Lo studio e la sperimentazione di modelli coinvolgenti nella rigenerazione urbana utilizza modalità ludiche con risultati ancora poco organizzati. La sfida è ripensare i servizi/diritti per migliorare la qualità della vita, a partire dalla rivoluzione sociale, tecnologica e comportamentale portata con sé anche dalle nuove generazioni. Il parziale fallimento di alcune politiche legate alla smart city dimostra che la tecnologia, da sola, rischia di aggiungere freddezza e asocialità se non accompagnata dall'interazione fisica e condivisa. La visione utopica di città ultratecnologica sconnessa dalla vita reale delle persone è irrealizzabile poiché nessun *software* o *hardware* apporta miglioramenti senza un adeguato tessuto umano. La competizione tecnocratica per il dominio sulle vite quotidiane dei cittadini e l'ossessione per il controllo e la sorveglianza hanno dimostrato l'incapacità di mettere i cittadini al centro del processo di sviluppo (Bria and Morozov, 2018).

Pratiche come quella dal *Gaming*, invece, legate ad azioni collettive di gioco urbano, possono aggregare e aiutare a superare problematiche diffuse supportando azioni da condividere con le comunità. L'unione di rigenerazione urbana e *gaming*, definiscono azioni collettive capaci di far emergere le dinamiche di cambiamento che interessano i quartieri coinvolgendo attraverso il gioco chi li abita. Le potenzialità dei giochi urbani nella costruzione di nuove modalità di conoscenza e narrazione delle relazioni tra gli abitanti, sono state utilizzate al meglio, anche se in modo diverso, dal Comitato Matera 2019 promuovendo in modo creativo e ludico progetti di cittadinanza attiva, richiamandosi e connettendosi alle migliori esperienze europee. Il gioco urbano partecipato è stato individuato come importante strumento di attivazione sociale in cui vivere esperienze culturali immersive e

1 Per "quartieri prioritari e complessi" si intendono aree urbane di città nelle quali l'intervento pubblico si rivela prioritario perché le condizioni di contesto si presentano particolarmente complesse alla luce delle dimensioni: marginalità economica, marginalità sociale, degrado edilizio, carenza di infrastrutture, carenza di trasporti (bando "cultura furto urbano"). Fonte: MiBAC - Piano "Cultura Futuro Urbano", 2019.

2 Nel periodo 2014-2020 le politiche dell'UE hanno investito circa il 50% delle risorse del FESR per lo sviluppo urbano sostenibile soprattutto nelle aree periferiche delle città, individuate come causa e soluzione delle odierne difficoltà ambientali, economiche e sociali, e alle stesse sono stati indirizzati programmi quali *Urban Innovative Action*, *URBAN III*, *Urban Development Network*, *Urban Agenza for the EU*, il cui obiettivo comune riguarda anche e soprattutto interventi volti a migliorare l'inclusione sociale.

3 In Italia grazie anche all'adozione dell'Agenda Urbana Nazionale per uno sviluppo urbano sostenibile sono stati individuati e incentivati tre ambiti strategici di intervento: dotazione e potenziamento di infrastrutture per i servizi urbani; incentivazione di progetti volti all'inclusione sociale in aree e quartieri disagiati e potenziamento delle filiere produttive locali. Queste misure hanno rappresentato il trampolino di lancio di numerose iniziative che hanno trovato supporto in iniziative del governo come il progetto "Futuro delle periferie. La cultura rigenera".

4 Progetto condotto dalla città di Torino, vincitore del primo bando UIA, che ha proposto la valorizzazione dei beni comuni urbani attraverso la gestione condivisa con i cittadini.

occasioni divertenti per conoscere meglio la città, combinando *game design*, *performing arts* e installazioni in spazi pubblici.

Negli ultimi anni c'è stata una ascesa del gioco urbano, che porta anche esperienziali tipo videogame in ambienti del mondo reale. Pensiamo al gioco dei Pokémon Go, esploso a livello globale attraverso un meccanismo relativamente semplice, della realtà aumentata, che però aveva l'obiettivo opposto di dissociazione dalla realtà. Altri giochi, invece più legati alla realtà come ad esempio, Pac-Manhattan, in cui i newyorkesi mettono in scena Pac-Man in varie località della città, l'Urban Gaming Clude nato nel 2006 tra gli studenti della Pennsylvania State University, che gestisce una selezione di sfide strategiche e fisiche simili a videogiochi con nomi come Humans vs Zombies e Battle Royale. Oppure Big Urban Game, all'Università del Minnesota nel 2003, in cui tre squadre hanno spostato enormi pezzi di gioco gonfiabili in città sulla base di percorsi votati dal pubblico.

Alcuni giochi urbani utilizzano *gadget*: telefoni abilitati GPS e fotocamere digitali sono elementi regolari, ma tutti prendono in prestito concetti di interattività, cooperazione e navigazione dai giochi per computer. I cosiddetti *Serious Game* non hanno solo uno scopo giocoso, ma ruotano attorno a elementi educativi volti a creare un'esperienza formativa efficace e divertente. Negli ultimi 20 anni si sono sviluppati molto, principalmente nel campo dei videogiochi, ma in Europa anche per i giochi da tavolo e giochi di ruolo (Viola, 2015). D'altra parte, il mondo dei "giochi seri e formativi" è davvero complesso, ma alcuni giochi possono produrre una vera modifica della realtà attraverso azioni concrete in un contesto reale, comunque semplificato rispetto all'obiettivo. *Digital game-based learning*, *e-Learning*, *Educational game*, *Edutainment*, *Games for change*, *Persuasive game*, *Social impact game*: sono tutti sinonimi che individuano giochi progettati con uno scopo che va oltre il semplice divertimento (Rogora et al., 2019).

Un gioco per la cultura, l'inclusione e la rigenerazione urbana

«Un progetto intersettoriale d'avanguardia che invita alla collaborazione civica, un patto con la società civile che mira a promuovere le condizioni per cui i cittadini possano coltivare i propri talenti, non solo in ambito strettamente culturale ma anche umano», queste le premesse alla base del bando «Biblioteca casa di quartiere»⁵ che riconosce un edificio fisico legato alla cultura, come punto di riferimento sociale, rispetto ad un quartiere prioritario e complesso.

Nello specifico la proposta con capofila la Biblioteca regionale "F. Di Giampaolo", dal titolo INsegnalibro, lavora in un quartiere di Pescara ad alta complessità con attività animate da molteplici soggetti (teatro, laboratori con i bambini, *videomaking*, pratiche di musica, fumetto e graffiti, *workshop* di autocostruzione e studio, *human library*, *melting library*, cooperativa di quartiere). All'interno di un quadro variegato, un gruppo di lavoro⁶ ha risposto con il gioco #INbiblioGAME, che permette al singolo di interagire con il quartiere, con la biblioteca, e con la "cultura" in senso ampio, attraverso la partecipazione agli eventi ed attività, tutte all'interno del quartiere (Fig. 1).

L'obiettivo primario è quello di (ri-)conoscere la bellezza dei luoghi che si abitano, e di ricomporre alcune fratture sociali di vicinanza. La strategia attuata passa dal riconoscimento del presidio delle attività presenti, e dall'interazione con la cultura e



Fig. 2

con la biblioteca. Si lavora con gli spazi "in-between" che non sono spazi astratti, ma luoghi nei quali si attuano le relazioni tra gli elementi, con i contesti e i materiali preesistenti, tra le persone. #INbiblioGAME intende sollecitare l'innesco di alcuni processi negli abitanti e nei *city user*:

- senso di appartenenza;
- conoscenza diffusa dei servizi presenti;
- conoscenza reciproca;
- consapevolezza rispetto alle dinamiche di quartiere;

5 Bando del Piano "Cultura Futuro Urbano", piano d'azione del MiBAC che nasce per promuovere iniziative culturali nelle periferie delle città metropolitane e nei capoluoghi di provincia di tutta Italia, available at http://www.aap.beniculturali.it/Cultura_Futuro_Urbano.html

6 L'associazione Culturale Millimetri, promotrice e ideatrice del progetto ammesso a finanziamento, ha nel suo gruppo di lavoro, oltre alle autrici, anche Matteo Clementi e Andrea Pinna.

- miglioramento dell'habitat.

Dopo aver disegnato la mappa del quartiere, vero e proprio tabellone su cui individuare le dinamiche di gioco, lo sviluppo del progetto è stato articolato attraverso le fasi di:

1. Co-progettazione delle regole del gioco. La co-progettazione ha individuato un certo numero di portatori di interesse con cui si sono stabilite dinamiche attive di condivisione degli intenti e delle regole, per cercare di rendere il gioco più accattivante. I quattro incontri hanno visto alcune associazioni, scout, studenti e frequentatori della biblioteca, confrontarsi con le regole e con il peso dell'interazione (nel gioco) con la città e con il quartiere (Fig. 2).
2. Identificazione dei punti di riferimento del gioco all'interno del quartiere. All'interno del quartiere sono stati individuati punti di interesse (scuole, parrocchie, esercizi commerciali, poste, supermercati, parchi, ludoteca, etc.) evidenziati all'interno della mappa, distribuita ai partecipanti. (Fig. 3)
3. Identificazione dei punteggi complessivi e delle azioni che determinano i punteggi. Si sono identificate quelle azioni e interazioni che portano punti e che devono essere perseguite dai partecipanti (ad esempio lettura e condivisione testi, geolocalizzazione nel quartiere che individua angoli caratteristici, interazione con gli eventi culturali della biblioteca, etc)
4. Identificazione dei premi. Gli esercizi del quartiere sono stati coinvolti nel progetto, e gli aderenti hanno avuto una targa di riconoscimento, contenitori per libri (che fungono da premi o materiali di scambio), e ognuno ha messo a disposizione alcuni premi da ritirare in loco.
5. Sperimentazione nel quartiere/studio.

La sperimentazione (ancora in atto) definisce un quartiere urbano come base del gioco. Si può giocare sempre ed ovunque (appoggiandosi ad un sito e interagendo con altre storie, attraverso i libri da ritirare in biblioteca), la dinamica di base è quella di "missioni" che danno un punteggio e fanno muovere in una classifica: il coinvolgimento diventa uno dei più potenti motori che può definire un impatto (Fig. 4).

Gli strumenti dei giocatori sono di vario tipo:

- la colorata mappa di quartiere che diventa una sorta di tabellone di gioco, in cui sono riportati tutti i luoghi simbolici o rilevanti per gli abitanti;
- pagina Instagram #INbiblioGAME per geolocalizzarsi e condividere frasi;
- un segnalibro fisico, nel quale segnare i libri che vengono presi in biblioteca da ognuno.

La *journey map* (Fig.5) del giocatore identifica azioni *on-line* e azioni dal vivo, che permettono l'interazione con i punti di interesse del quartiere. Le azioni portano ad un punteggio e, a differenza di un videogioco, chiedono ai giocatori di spegnere il computer, leggere, uscire di casa e vivere il quartiere, prendersi cura degli spazi nella propria città (Fig. 6). La modalità ludica di interpretare il rapporto con l'habitat in maniera innovativa, creando relazioni di tipo nuovo, permette agli abitanti di interagire con il quartiere e definisce reti di relazioni sociali che si aggiungono a quelle individuali esistenti.

Traiettorie di ricerca

Dal punto di vista scientifico si verifica come il coinvolgimento diffuso sul territorio del quartiere di giovani e non, che si confrontano fisicamente con i punti di interesse, e interagiscono con l'ambiente urbano a un doppio livello, definisce nuove strategie di miglioramento dello spazio urbano, attraverso le

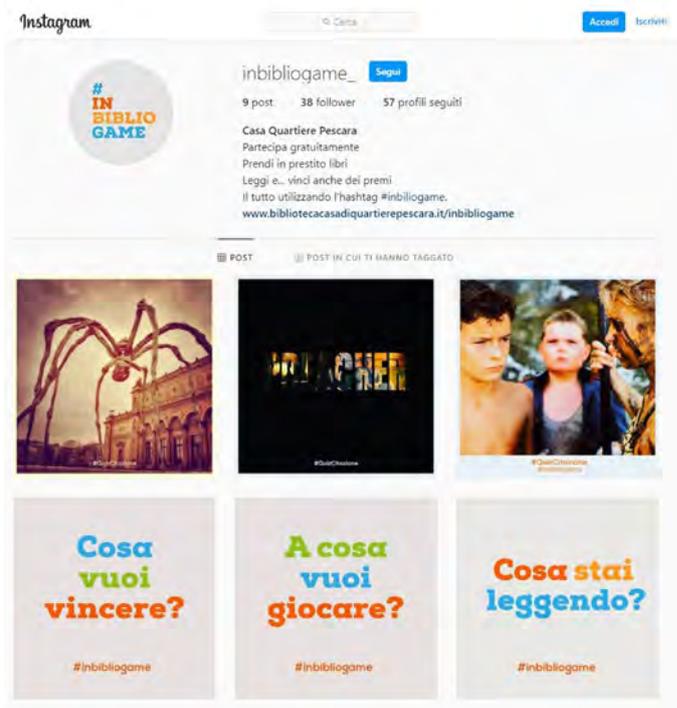


Fig. 3

traiettorie fisiche e virtuali degli abitanti/giocatori in una visione "relazionale" della città creativa. La sperimentazione è appena partita: attraverso *hashtag* georeferenziati alcuni studenti stanno animando il gioco coinvolgendo gli abitanti del quartiere. Al termine dei tre mesi la raccolta e l'analisi dei dati permetterà di ricostruire una mappa delle interazioni che saranno messe a sistema per aumentare il grado di conoscenza e le esigenze progettuali dell'ambiente urbano, e ad avvicinare cittadini ed amministratori.

Le potenzialità del gioco sono innumerevoli:

- *orizzontalità*: la partecipazione è attivata dal coinvolgimento. Attraverso un sistema di filtri è possibile far emergere le idee migliori (visualizzazioni, *like*, numero commenti, numero interazioni);
- *feedback* in tempo reale: la possibilità di monitorare costantemente le interazioni consente di avere risposte immediate del processo partecipativo, nel grado di coinvolgimento ed efficacia delle azioni, consentendo allo stesso utente di modificare la propria azione in funzione dell'andamento del gioco;
- *costruzione identità*: gli abitanti hanno la possibilità di costruire un proprio profilo e allargare le conoscenze degli utenti all'interno dello spazio urbano condiviso. In una evoluzione non finalizzata esclusivamente al gioco, l'abitante ha maggiori possibilità di stringere amicizie con altri abitanti del quartiere o distinguersi in determinati settori: green, progettazione, mobilità etc.;
- *costruzione comunità*: l'interazione e il confronto motivano l'abitante nel diventare parte di un gruppo con il comune obiettivo di migliorare il proprio ambiente quotidiano e ad assumere comportamenti virtuosi, trasformandosi da *city user* in *city maker*;
- *riconoscimento territoriale*: elementi motivazionali ed *engagement* possono scatenare comportamenti utili alla collettività, che possono poi essere incanalati in altro. Una piattaforma che semplifichi l'adesione a istanze condivise (ad esempio un parco urbano) facilita la co-creazione di idee ed aiuta l'amministrazione a comprendere quali sono le istanze maggiormente sentite.



Fig. 4

Pratiche di gaming possono aiutare la città a diventare un luogo in cui i cittadini siano il fattore abilitante della rivoluzione. L'amministrazione si apre a *city makers* per riconfigurare e riscrivere servizi, luoghi e *storytelling* e gli abitanti diventano consapevoli che la tecnologia può essere umana, portatrice di benefici concreti e accompagnata da una sana componente di *fun*. Proprio il divertimento e la gioia, quando ben calati nel design delle infrastrutture ed esperienze quotidiane, migliorano i nostri comportamenti.

References

Bianchini, F. and Landry, C. (1995), *The Creative City*, Demos, London.
 Bria, F. and Morozov, E. (2018), *Rethinking the smart city. Democratizing Urban Technology*, Rosa Luxemburg Stiftung, New York
 Consonni, G (2019), *Carta dell'habitat*, La Vita Felice, Milano
 Losasso, M. (2017), "Technological culture and social dimension", *Teche*.



Fig. 3

- Manzini, E. (2015), *Design, when everybody designs: an introduction to design for social innovation*, The Mit Press, Cambridge, MA.
- Mastrodonato, L., Radogna, D. and Romano M. (2018), "Resilience and transformation strategies for a becoming housing quality", *Techne. Journal of technology for architecture and environment*, vol 15, pp. 311-322
- Perriccioli, M. (2017), "Social innovation and design culture", *Techne. Journal of technology for architecture and environment*, vol. 14, pp. 25-31
- Rogora, A., Carli, P. and Trevisan, A. (2019), "The imitation game. The game as experience of a sustainable project", *Pro-Innovation. Process Production Product*, vol. 02, pp. 123-130
- Sennet, R. (2012), *Together. Rituals, pleasures and politics of cooperation*, Yale University Press, New Haven, CT.
- Viola, F. (2011), *Gamification. I Videogiochi nella Vita Quotidiana*, Arduino Viola Editore.

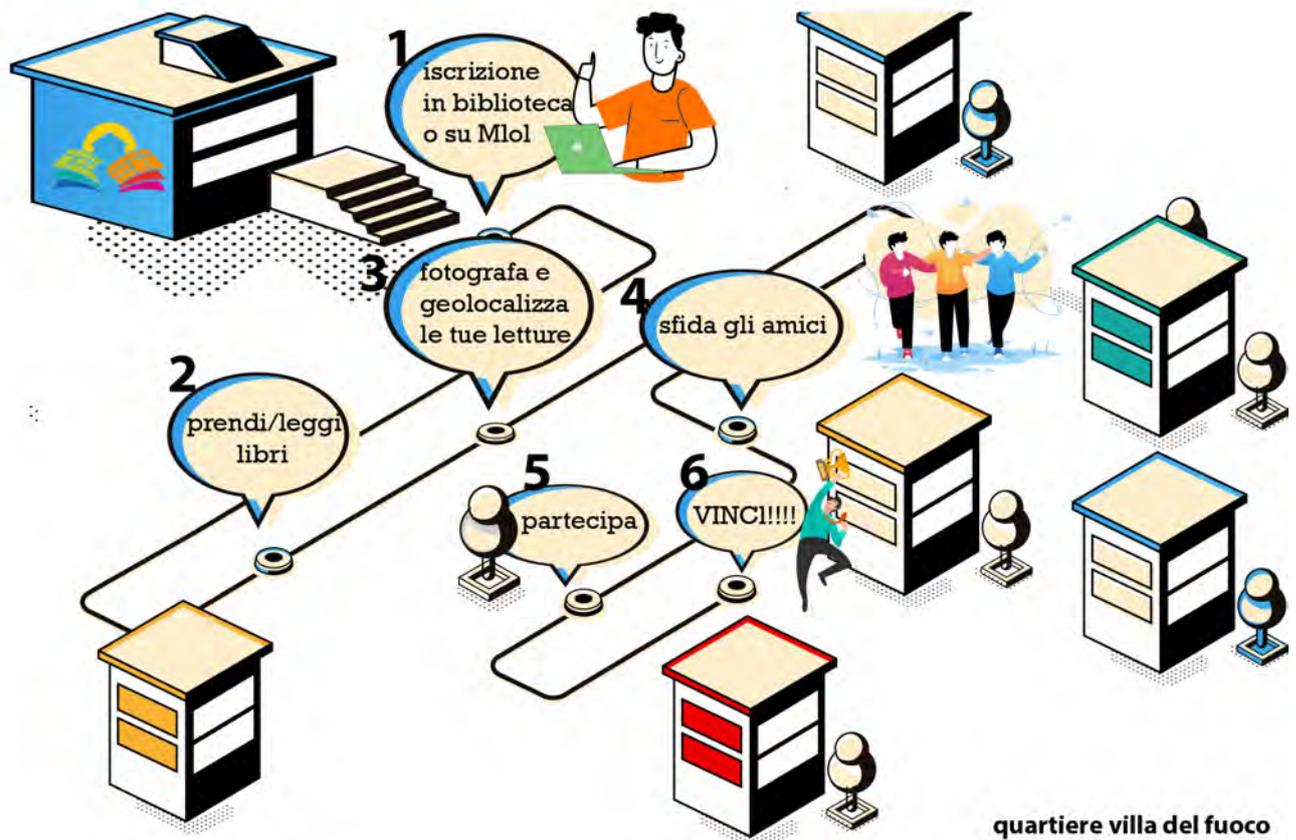


Fig. 5

Fig. 1 - Locandina per il lancio degli incontri di co-progettazione del gioco.

Fig. 2 - Foto di alcuni incontri di co-progettazione con gruppi di interesse.

Fig. 3 - Mappa del quartiere e tabellone di gioco con identificazione punti di interesse collettivo del quartiere.

Fig. 4 - Copertina su Instagram del gioco.

Fig. 5 - *Journey Map* del giocatore.

Fig. 6 - Segnaposto fisici all'interno del quartiere, per ritirare i premi negli esercizi commerciali del quartiere.

IL PROGETTO COME VOLONTÀ E RAPPRESENTAZIONE: DAI BIG DATA ALL'APPRENDIMENTO COLLETTIVO

Alessandra Battisti¹

Abstract

La presenza del digitale si pone oggi come un'istanza di orientamento del progetto di rigenerazione urbana per comprendere un contesto in trasformazione tecnologica, culturale, sociale, economica e ambientale e definire i contenuti di un rapporto uomo-natura destinato a offrire, attimo per attimo, modelli di esistenza individuale e collettiva considerati "i migliori applicabili"; e ciò avviene impercettibilmente, con fluidità, in una data-driven society, dove ogni manifestazione del reale si trova a essere assoggettata a una serie di operazioni che seguono criteri puntualmente definiti.

Keywords: Data-driven society, Asset informativi, Complessità, IoT, IoP, Intelligenza collettiva

¹ Dipartimento PDTA - Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, alessandra.battisti@uniroma1.it



Fig. 1

Introduzione

Internet of Things, Internet of Everything e Internet of People sono concetti che fanno immaginare come nella città fisica oggetti, dispositivi e persone saranno sempre più interconnessi attraverso l'infrastruttura, operazione questa che nell'ambito della rigenerazione urbana produrrà una raccolta crescente di dati per elaborare con coscienza e conoscenza il progetto. Parallelamente a tutto questo assistiamo alla celebrazione della città intelligente e della sua condivisione, come visioni di politica urbana che, basandosi fortemente sulle nuove tecnologie, promette resilienza, efficienza ecologica e controllo ambientale, anche in luoghi distanti dagli *hub* produttivi, attraverso l'accesso alla rete per tutti (con azzeramento di ogni *digital divide*), *smart working* e *smart learning* ripensati secondo delle logiche che non siano il semplice lavorare o il seguire lezioni da casa, ma su concetti evoluti di servizi al territorio, produzione ed educazione aggiornate e riviste attraverso configurazioni innovative di aggregazione spaziale e temporale.

Inevitabilmente questo apre un dialogo tra le nostre forme di vita immobili, lente, stratificate, che si confrontano con la velocità dei collegamenti telematici e le più evolute tecnologie *smart*, che custodiscono sacralmente il valore della distanza fisica e culturale dall'altro e – in tempi di pandemia – la paura del rischio di avvicinarlo. Un dialogo messo in atto attraverso l'ausilio dell'*Internet of Things* per favorire e facilitare uno stile di vita sano attraverso alcuni *device* che ci potrebbero permettere di regolare la qualità della architettura degli spazi pubblici e di interno controllandone i requisiti ambientali, quelli legati al benessere non solo termo-igrometrico o psicologico, ma anche epidemiologico (Evans et al., 2016). Parallelamente a ciò si dischiude un universo di questioni relative alla *privacy*, alla discriminazione, alla sicurezza o alle questioni legate alla produzione e all'uso di *big data* e dei servizi pubblici digitali, al fine di capire se e come la tecnologia può migliorare la qualità ambientale dei luoghi pur garantendone la protezione di diritti

umani e la giustizia sociale (Iaione et al., 2019).

Problemi su cui dobbiamo interrogarci al più presto essendo messi di fronte a una sistematica classificazione dei rapporti uomo-salute, costruito-società, natura-cambiamenti climatici destinata a essere applicata a tutti gli ambiti della vita umana e, in particolare, nella rigenerazione dello spazio dove i *big data* divengono: «*asset* informativi ad alto volume, alta velocità e alta varietà che richiedono nuove forme di lavorazione ed elaborazione delle informazioni che permettono di migliorare le decisioni, intuire scoperte e ottimizzare processi» (Duncan, 2015). Definizione questa che mette al centro di ogni metodologia di rinnovo urbano il processo di lavorazione e aggregazione dei dati e loro estrazione algoritmica all'interno di azioni progettuali che si misurano con condizioni di contesto ad elevata complessità dal soddisfacimento della domanda di servizi pubblici, al problema del reperimento delle risorse, alla definizione di percorsi di decisione collettiva per la salvaguardia del capitale naturale e architettonico.

Apprendere di nuovo ad apprendere

Nel processo di rigenerazione il progetto è chiamato ad una continua tensione atta a evitare forme di inerzia e a perseguire strategie progettuali capaci di riconoscere e adattarsi, secondo quel carattere selettivo ed evolutivo dei sistemi naturali, nonché di riorganizzazione dei legami tra sistemi tecnologici, flussi di risorse, articolazioni di spazi e funzioni e componenti sociali. Da taluni questo processo viene vissuto quale assioma tecnologico che pretende di edificare una *governance* infallibile e indefinitamente dinamica delle vicende umane. Processo etichettato come «industria della vita» (Sadin, 2018), dove in una prospettiva *IoT* ogni singolo gesto genera un flusso di dati e l'architetto è chiamato a identificare tra varie esperienze quali sono in grado di dare risposte puntuali e resilienti alle controversie emergenti nello spazio naturale, fisico, economico, politico e sociale, in un universo multiforme dove gli algoritmi rappresentano la dominazione efficace del progetto, soltanto se si è in grado di scegliere-



Fig. 2



Fig. 3

re con saggezza la pratica di azione e imparare dagli errori che costituiscono dei potenti dispositivi di apprendimento collettivo.

Questo a sottolineare la dicotomia esistente tra le applicazioni tecnologiche basate sul mercato e quelle basate sulla società, le prime da rivedere come una fonte di probabile aumento di divario digitale tra le persone e quale sfida ai diritti umani urbani, le altre da salutare come la promessa per promuovere la parità di accesso alla tecnologia su scala territoriale. Attuare la sostenibilità in questo contesto di mondializzazione per affrontare le sfide epocali che abbiamo di fronte richiede una cultura del progetto matura, aperta e critica del ruolo della scienza nella società che non oscilli tra chiusura pregiudiziale e aspettativa miracolistica, nella consapevolezza che stiamo vivendo una svolta ingiuntiva della tecnologia (Bucchi, 2010). Un fenomeno unico che vede la natura e l'ambiente richiederci di agire al più presto e a diversi livelli, da quello "incentivo" a fare meglio, al "prescrittivo" a fare diversamente. Ma allo stesso tempo però il progetto non si costruisce solo con i *data*, ma soprattutto attraverso spazi di vita quotidiana, rappresentazioni, fenomeni, simboli e valori condivisi che marcano gli spazi. Per fare questo non basta limitarsi a comprendere attraverso i dati, come farebbe un geografo, ragioni, modalità e dinamiche con cui le localizzazioni esprimono la dimensione spaziale della società. Occorre interrogarsi sui modi grazie ai quali è possibile comprendere e suscitare resilienza urbana e solidarietà potenziali, relazioni che connettono da una parte lo spazio geografico-ambientale e dall'altra gli individui, i gruppi, le società «per apprendere di nuovo ad apprendere» (Morin, 2014).

Un progetto come quello sopra descritto deve necessariamente integrare processi ricorsivi che combinino la generazione delle idee e l'analisi basata su *benchmark* di progettazione specifici a livello locale con *input* di dati di vita specifici del contesto. Processo da attuare ai fini della configurazione di scenari (Betsill and Bulkeley, 2006) che, attraverso metodi computazionali generativi e analitici integrati, facilitino la produzione e la visualizzazione di condizioni spazialmente flessibili che si sviluppano su uno spartito di tempo diacronico e un altro sincronico conviventi al fine di integrarsi in forme di fruizione di vita migliore, coinvolgendo il soggetto umano, l'ambiente e l'organizzazione spaziale e materiale delle architetture come agenti attivi nella produzione di un *location-specific hetero-geneous space* (Hensel and Sørensen, 2014).

In questa prospettiva l'impiego e gli effetti degli strumenti digitali urbani possono essere valutati a diversi livelli. Pianificare la resilienza e consentire risultati di progettazione positivi richiede metodi traslitterati per lavorare con i dati e scenari che possono essere rapidamente e iterativamente adattati sulle aree di studio. Per fare ciò, si deve riunire insieme in modo dinamico

dati e informazioni, spesso provenienti da discipline diverse e divergenti, con lo scopo di arrivare a risultati di analisi ambientale, modellazione predittiva per la costruzione di sistemi di supporto alla ricerca urbana, alla progettazione e alla formulazione di politiche.

Quattro forme innovative di adattamento e di efficienza ecologica per i processi di rigenerazione dei sistemi insediativi

In questa prospettiva si iniziano a stagliare i caratteri principali di quattro nuove forme di adattamento, resilienza e di efficienza ecologica per i processi di rigenerazione dei sistemi insediativi: la città sensibile, la città creativa, la città produttiva e la città che cura.

La città sensibile è dotata di sistemi intelligenti che fanno riferimento in maniera specifica alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), individuando all'interno due tematiche orizzontali complementari: *Internet of Things (IoT)* e *Big Data* con valenza abilitante per lo sviluppo tecnologico in numerose aree di interesse per il territorio. Elemento chiave di questa traiettoria è rappresentato da un giusto mix di investimenti, pubblici e privati, atti a favorire la realizzazione di attività di ricerca applicata ed industriale e la loro traduzione in soluzioni ad alto contenuto innovativo.

La città sensibile è connotata da una rete sensoristica non intrusiva e il più possibile trasparente inserita negli "oggetti" e da un eco-sistema di protocolli e applicazioni che consentono, da un lato, la connessione agli oggetti come elementi di rete che forniscono dati e servizi e che comunicano il loro stato, dall'altra la raccolta, l'aggregazione e l'elaborazione di tali dati per implementare il monitoraggio, l'ottimizzazione e tecniche di interazione e collaborazione *machine to machine* (Figg.1 e 2).

Una città che oltre ad un monitoraggio ed un controllo molto più efficiente e pervasivo, opera anche lo sviluppo di tecniche di gestione autonoma o semiautonoma delle risorse grazie alla possibilità, messa a disposizione dalle tecnologie per *Big Data*, di classificare ed interpretare l'enorme quantità di dati generati dai nodi sensore che costituiscono l'infrastruttura portante dell'*IoT*.

La città creativa che promuove attraverso servizi *cloud based* la raccolta dati con accesso aperto a tutti gli utenti. In questa configurazione il concetto di *IoT* è parzialmente collegato al concetto di *Internet of People – IoP*, dove quest'ultimo si basa, in primo luogo, sul fatto che gli esseri umani sono sempre più al centro della progettazione dei dispositivi mobili che usano e in seconda battuta sul riconoscimento che i comportamenti umani devono essere necessariamente presi in considerazione durante la progettazione di dispositivi che permettono nuovi tipi di sinergie tra ambiente, utenti, istituzioni locali, università e impre-

se. In questa forma innovativa dell'abitare il concetto stesso di creatività si dilata in un'accezione sempre più ampia in grado di generare nuove soluzioni e progettualità innovative, accresciute da una rifondata coscienza sociale, vere e proprie manifestazioni collettive che, in virtù di un legame radicato e profondo con gli spazi della città riescono a coglierne l'infinito potenziale di dati e informazioni in grado di trasformare gli spazi in nuclei propulsori di moderne e vivaci identità urbane (Figg. 3 e 4).

La città produttiva è quella che comprende reti di piccoli imprenditori interconnessi che promuovono attività urbane, come la generazione di energia rinnovabile. In questi settori la produzione digitale distribuita supportata da reti globali di progettazione digitale costituisce un modello egemonico emergente. All'interno di questa configurazione giocano un ruolo altamente importante le tecnologie energetiche rinnovabili e non inquinanti e i distretti energetici diffusi in cui diventano sempre più importanti e significativi gli apporti progettuali e di sperimentazione offerti dall'impiego delle *smart grid*, quali sistemi di reti in grado di integrare intelligentemente le azioni di tutti gli utenti connessi – produttori e consumatori – al fine di distribuire energia in modo efficiente, sostenibile, economicamente vantaggioso, sicuro e in grado di favorire un rilancio della produzione locale grazie alla individuazione di unità di generazione energetica su piccola scala, in cui vengono applicati processi di produzione aperti, supportati da un'interconnessione orizzontale con piattaforme di progettazione, in cui artefatti e natura costituiscono un sistema biologico co-evolutivo (Fig.5).

La città che cura ha origine dalla persistente minaccia di epidemie infettive (vedi il recente caso della pandemia da coronavirus), malattie mentali, dipendenze e rischi di violenza che rappresentano le principali preoccupazioni per la salute pubblica nelle aree urbane, dove i progressi nella salute dipendono non solo dalla forza dei sistemi sanitari, ma soprattutto dalla costruzione di ambienti urbani più sani (Fig.6).

All'interno di questo modello trovano spazio, come determinanti di salute, non solamente l'ambiente di vita e di lavoro, ma anche l'ambiente costruito con le proprie specificità, e

soprattutto elementi immateriali relativi alla comunità, come la "coesione sociale" e il "capitale sociale" (Cattel, 2001). La disuguale distribuzione dei determinanti sociali, secondo il modello proposto dalla "Salute Globale", genera "Disuguaglianze Sociali in Salute". In questa direzione le ricerche dell'epidemiologo sociale Marmot che, oltre all'impegno scientifico per dimostrare la presenza, la natura e l'entità delle disuguaglianze nella salute, sta segnalando la concreta possibilità di aggregare, a livello locale, responsabilità e interventi tra tutti gli attori istituzionali e non istituzionali interessati, come dimostra l'esperimento delle "Marmot cities" (Marmot, 2015).

Conclusioni

I *big data* possono modellare la qualità della vita per una parte crescente della popolazione mondiale, e insieme con l'*IoT* rappresentano un'enorme opportunità per contribuire a uno sviluppo equo e sostenibile degli insediamenti. I processi che i governi delle città stanno iniziando a riconoscere come prioritari, in cui i residenti non sono semplicemente clienti o utenti finali dei servizi, ma anche parti interessate, sono di estrema importanza per comprendere i problemi che devono affrontare le loro comunità. Tutte le tendenze menzionate influenzano la *governance* urbana dalla protezione legale degli abitanti alla pianificazione urbana, dai trasporti alla partecipazione politica, dai servizi pubblici alla gestione dell'energia su scala urbana.

I governi che guidano con successo il vero cambiamento lo faranno allineando l'innovazione tra i dipartimenti delle città e dando potere agli abitanti a diventare risolutori di problemi e partner che svolgono un ruolo chiave nell'ecosistema dell'innovazione. Man mano che l'accesso all'infrastruttura digitale diventerà cruciale, aumenteranno anche i problemi di discriminazione delle minoranze etniche, culturali ed economiche nell'accesso a Internet e nel divario digitale nelle aree servite, di qui l'importanza di mettere a punto una nozione volta a integrare quella che potremmo chiamare "la giustizia tecnologica" per la salvaguardia di quei diritti naturali e umani nella città che l'era

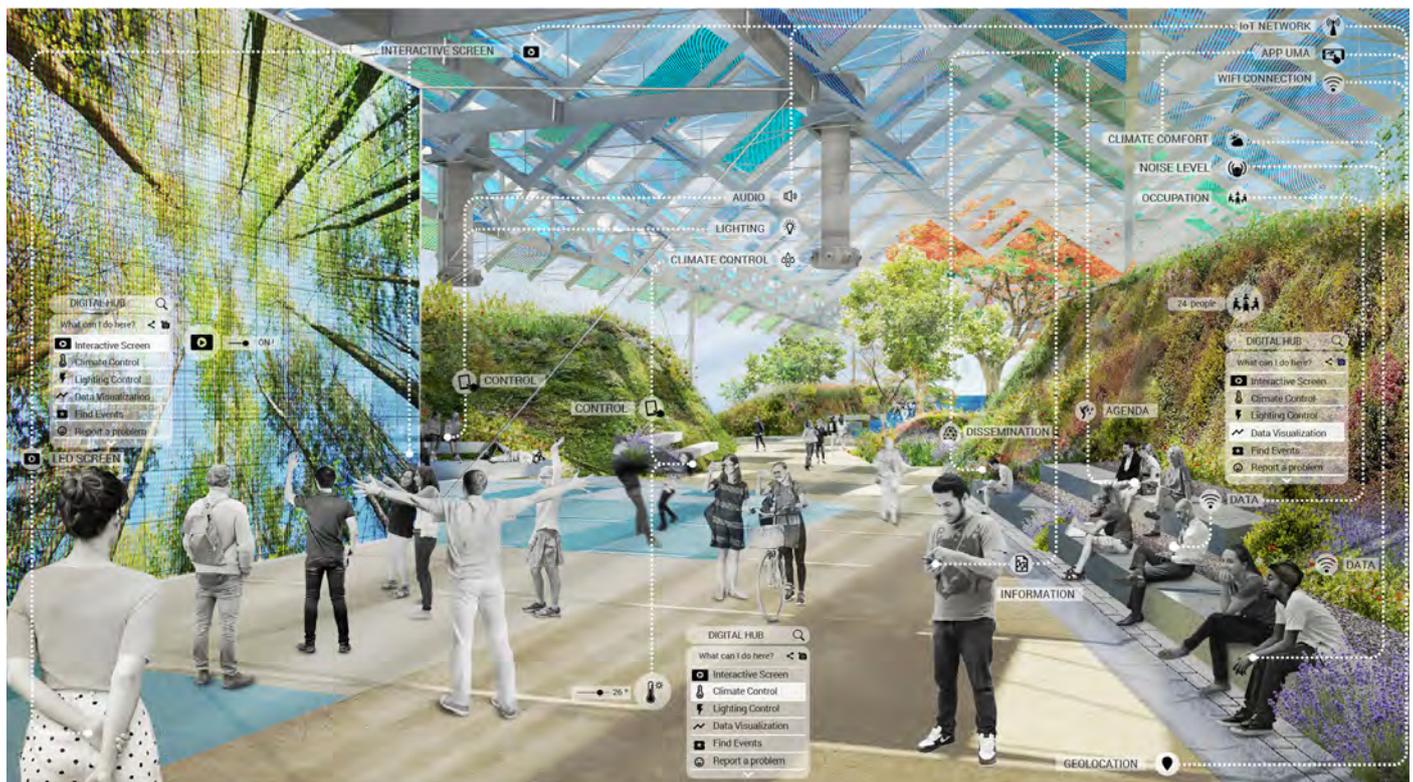


Fig. 4

digitale potrebbe danneggiare.

References

Betsill, M.M. and Bulkeley, H. (2006), "Cities and the multilevel governance of global climate change", *Global Governance*, vol. 12 (2), pp. 141–59.

Bucchi, M., (2010), *Scientisti e Antiscientisti*, Il Mulino, Milano.

Cattell, V. (2001), "Poor people, poor places, and poor health: the mediating role of social networks and social capital", *Soc Sci Med*, vol. 52 (10), pp.1501–1516.

Evans, J., Karvonen, A. and Raven, R. (2016), *The Experimental City*, Routledge, London.

Gartner (2015), "How to Be Agile With Business Analytics", available at: <https://www.gartner.com/en/documents/3016419/how-to-be-agile-with-business-analytics> (accessed 29 March 2020).

Hensel, M. and Sorensen, S. (2014), "Intersecting Knowledge Fields and Integrating Data-Driven Computational Design en Route to Performance-oriented and Intensely Local Architectures". *Footprint*, vol 15, pp. 59-74.

Iaione, C., de Nictolis, E. and Berti Suman, A. (2019), "The Internet of Humans (IoH): Human Rights and Co-Governance to Achieve Tech Justice in the City", *Law and Ethics of Human Rights*, vol. 13 (2), pp. 263-299.

Marmot, M. (2015), *The health gap: The challenge of an unequal world*, Bloomsbury, London.

Morin, E. (2014), *Enseigner à vivre. Manifeste pour changer l'éducation*, Actes Sud, Arles.

Sadin, É. (2018), *L'Intelligence artificielle ou l'enjeu du siècle: Anatomie d'un antihumanisme radical*, L'Échappée, Paris.



Fig. 5



What is the GM Care Record?

Easy access to patient information is **critical to support decision-making for health and care workers** – especially in situations such as the COVID-19 pandemic. That's where the GM Care Record comes in.

The GM Care Record supports data sharing for **direct care and treatment for the city region's 2.8m citizens**. Two years tech development has been condensed into two months.

The amount of data that the GM Care Record holds is increasing. Data is constantly being added so a combined record can be developed for all our citizens.

The GM Care Record will contain data from:

- 444 GP practices across 10 CCGs in GM
- 10 councils
- 9 acute trusts (hospitals)
- 7 community services
- 3 mental health trusts
- 1 specialist (The Christie)

N.W. Ambulance Service, Out of Hours, & 111 will also be included.

The GM Care Record means that:

- patients **won't have to keep repeating their medical history** to each professional in different organisations
- care plans will be **followed consistently**
- clinicians will be better equipped to identify patterns and **plan care more effectively** to meet the patients' needs.

The GM Care Record supports clinical decision making by providing access to important information on:

- medications
- allergies
- test results
- care plans
- social care support

Fig. 6

Fig. 1, 2 - La città sensibile, progetto del MIT Senseable City Lab. Si tratta di una visualizzazione interattiva che invita a esplorare i modi in cui oltre 170 milioni di viaggi in taxi collegano la Città di New York in un determinato anno. Questa interfaccia fornisce una visione unica del funzionamento interno della città, di una prospettiva precedentemente invisibile del sistema di taxi. HubCab consente di esaminare esattamente come e quando i taxi raccolgono o lasciano le persone e di identificare le zone di attività di raccolta e riconsegna combinate, consente di navigare verso i luoghi in cui iniziano e terminano i viaggi in taxi e scoprire quante persone seguono gli stessi schemi di viaggio. In Fig. 1, La città sensibile, Schermata di HubCab, che mostra i pickup e gli spostamenti di tutti i 170 milioni di viaggi in taxi nell'arco di un anno a New York City. In Fig. 2, La città sensibile, Schermata di HubCab, che mostra tutti i trasferimenti in taxi e gli scali all'aeroporto JFK tutti i giorni dalle 3:00 alle 6:00. © MIT Senseable City Lab

Fig. 3, 4 - La città creativa, progetto di Ecosistema Urbano Malaga Campus. L'app dell'University Malaga Campus funziona grazie a moduli open source che consentono l'accesso a un ambiente aumentato di interattività e informazioni attraverso sensori. L'apparecchiatura principale nell'hub digitale è uno schermo a LED mobile in grado di ricevere dati in tempo reale tramite telecamere di monitoraggio video o tramite l'app ufficiale dell'università che interagisce con lo spazio pubblico. Una cortina d'acqua digitale, installata nel Climatic Hub, può essere programmata per reagire al movimento delle persone che la circondano e rendere più confortevole l'area circostante. Gli utenti possono controllare l'illuminazione e i sistemi audio trasmettendo contenuti in streaming dal proprio dispositivo. Infine, i sistemi di condizionamento dell'aria di raffreddamento evaporativo, i ventilatori e i nebulizzatori d'acqua possono essere attivati quando si rileva la presenza di persone e attivate dagli utenti quando le condizioni meteorologiche sono al di fuori della gamma di comfort. Fonte: <https://ecosistemaurbano.com/malaga-university-campus/>

Fig. 5 - La città produttiva – Il progetto Iris riguarda un distretto situato nel centro della città meridionale di Göteborg. Si tratta di zona residenziale con circa 8.000 abitanti e di 7.000 studenti del campus della Chalmers University of Technology. Il progetto è un energy positive district con capacità di stoccaggio di energie rinnovabili prodotte in loco e gestione responsabile a livello distrettuale. Questo approccio riduce le perdite nel sistema e aumenta notevolmente l'efficienza dell'intero sistema di teleriscaldamento. La produzione locale di raffreddamento, riscaldamento ed elettricità, insieme ai depositi energetici locali, può essere integrata nel sistema energetico della città per ottimizzare l'uso delle risorse e ridurre al minimo l'energia primaria necessaria.

Fig. 6 - Great Manchester. La città che cura – Il Manchester Health Population Plan è il piano generale della città per la riduzione delle disuguaglianze in salute e il miglioramento dei risultati sanitari ottimizzato grazie al Greater Manchester Connected Health City (GM CHC), un programma sanitario digitale che utilizza i dati dei pazienti per migliorare il ritmo dei progressi nei servizi sanitari locali.

DESIGN DATA-DRIVEN E MOVIMENTO

UN APPROCCIO METODOLOGICO ALLA PROGETTAZIONE

Attilio Nebuloni¹, Giorgio Vignati²

Abstract

L'interesse della ricerca progettuale è oggi sempre più focalizzato a definire il comportamento dinamico di un edificio come interazione con l'ambiente esterno. Le architetture responsive, nella sintesi di aspetti compositivi e tecnologici della costruzione, legano l'adattamento della propria morfologia ad un sistema di variabili aperte e in costante mutazione. Il paper propone una riflessione volta ad evidenziare come il contributo dell'approccio computazionale permetta di affrontare più efficacemente la complessità delle sfide contemporanee di un'architettura in sinergia con l'ambiente.

Keywords: Computational design, Data-driven, Kinetic patterns, Kinetic morphologies

¹ Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, attilio.nebuloni@polimi.it

² Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, giorgio.vignati@polimi.it

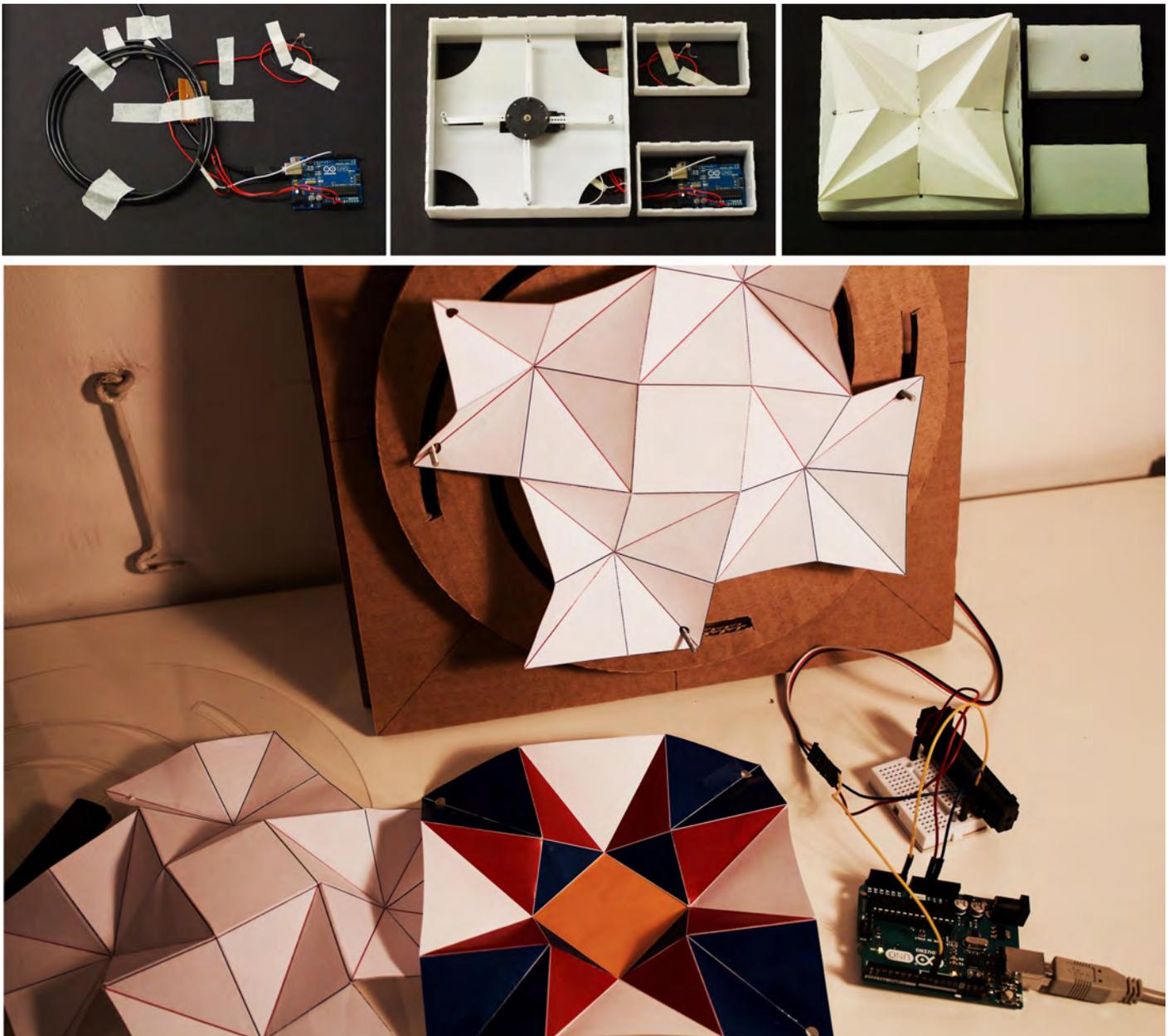


Fig. 1

Introduzione

Nel tempo, molte discipline consolidate hanno iniziato ad applicare in modo intensivo gli strumenti e i metodi propri della scienza computazionale, rivisitando e riformulando problemi prima poco affrontati per la loro complessità, sia per numero di componenti che di relazioni fra essi. Questo ha altresì consentito di esplorare nuovi territori della conoscenza, in cui diverse aree di studio condividono, in termini multidisciplinari, metodi e strumenti computazionali come carattere fondante. Ad evidenziare come l'approccio computazionale non sia da confinare alle mere applicazioni di calcolo, ma abbia valenze culturali più pervasive, significativo è quanto afferma Jannette Wing (2001) rispetto ai processi cognitivi: «*Computational thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can effectively be carried out by an information-processing agent*». A realizzare l'elaborazione può essere una macchina, una persona o una loro collaborazione. Interessante di tale riflessione è l'interpretazione del pensiero computazionale non come attività procedurale o strumentale di programmazione (*coding*), ma piuttosto come abilità cognitiva di base, che grazie al ragionamento logico permette di affrontare la complessità dei problemi, per meglio comprenderli e formulare soluzioni. Nello specifico della progettazione, tale approccio emerge principalmente come ridefinizione degli elementi di base che passano così da iconici a logico-relazionali. Diversamente da altri periodi paradigmatici la mutazione che oggi interessa il mondo del progetto si configura quindi come una sorta di rivoluzione interna, la cui matrice digitale (ri)mette in discussione il *modus operandi* della ricerca.

Struttura del progetto computazionale

Riflettendo sulle relazioni tra costruzione/geometria e disegno/misura che caratterizzano, rispettivamente, gli approcci progettuali pre e post rinascimentali, Mario Carpo (2017) individua nel ritorno alla geometria l'aspetto più significativo della rivoluzione digitale in architettura. E nel far ciò, riporta la sequenza di "istruzioni" per la costruzione, e non quindi il disegno (aspetto centrale nella riflessione), di un basamento dorico, come descritto da Vitruvio e chiarito da Leon Battista Alberti: «*First, you take the diameter of the column and you divide it into two equal parts. You divide that segment into three equal parts. Take away the lower third, the plinth. Next, take what remains, make a new unit of it and divide it into four equal parts. Take away the upper fourth – that gives the upper torus. Take what is left, make a new*

unit out of it, and divide it into two equal parts. Take the lower half, the lower torus. Divide what is left into seven identical parts and take away the upper seventh and the lower seventh; that gives the two fillets. Take what is left and, fortunately, it is over because there is nothing else to be proportioned. And that's the end of the process» (Fig. 2).

La natura descrittiva di tale processo rappresenta più di ogni altro aspetto la strategia chiave dell'odierno approccio computazionale: pensare "algoritmicamente" il progetto, ovvero codificare nella struttura di un algoritmo il sistema di regole e relazioni che dai dati, attraverso un'elaborazione, porta a possibili soluzioni. Centrale è la logica che sottende la relazione tra gli elementi principali della composizione ed in primo luogo del rapporto che si viene a creare tra i parametri ed i componenti. Possiamo definire parametri quegli elementi che contengono dei dati in forma "grezza" e componenti le istruzioni che alimentate dagli stessi parametri generano le azioni, di conseguenza i risultati. Dalla costante interazione tra parametri e variabili emerge l'essenza dinamica dell'architettura computazionale, dove potenziali configurazioni interne mutano in progetto da una condizione base iniziale.

Tali sono le premesse entro cui si colloca la sperimentazione progettuale sulle architetture responsive, dove con tale termine si intendono quei sistemi che integrano sia componenti hardware sia software, ed in cui la programmazione (codifica di un algoritmo) definisce il comportamento dinamico come adattamento della propria morfologia in interazione con l'ambiente. Aspetto, questo, che si rapporta alla più ampia famiglia delle architetture interattive, da cui il tema ne trae i principali riferimenti culturali e metodologici. L'obiettivo di fondo è in sostanza quello di creare costruzioni e spazi capaci di rispondere ai crescenti desideri di mutazione, che coinvolgono vari aspetti dell'abitare (Fox, 2009). Si tratta di una visione contemporanea del progetto in cui la ricerca è sempre più orientata verso i principi dell'adattività delle strutture, considerate, nel loro insieme, come «*multiple-loop system in which one enters into a conversation: a continual and constructive information exchange*» (*ibidem*).

Verso una progettazione data-driven: strumenti e interfacce

Prima di affrontare gli aspetti peculiari di una progettazione *data-driven*, si ritiene utile una digressione semantica sui termini utilizzati nel contesto degli strumenti computazionali. Sovente le locuzioni parametrico, generativo e algoritmico, sono utilizzate con sfumature e differenze minime, che ne rendono l'uso ambiguo e talvolta confuso. Il concetto di parametro e progettazione

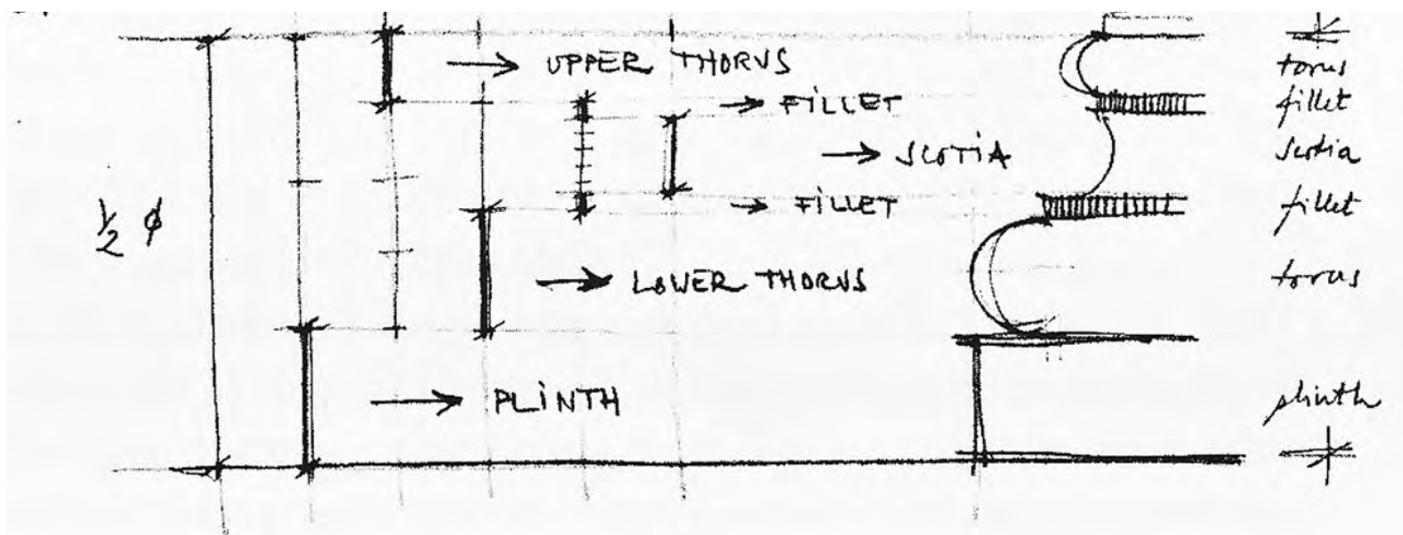


Fig. 2

parametrica è il termine più utilizzato (Caetano, 2019). Molti modellatori CAD utilizzano infatti i parametri nella costruzione di curve, superfici e solidi, variando proprietà (non solo geometriche) di tali oggetti. Nell'ambito di questa riflessione, più appropriato sembra invece essere il termine algoritmico, dove entrano in gioco gli oggetti parametrici della prima accezione, la loro relazione e le istruzioni che definiscono il comportamento e la configurazione spaziale al variare opportuno di un insieme di dati (geometrici, logici, ambientali...). È altresì possibile parlare di *data-driven* quando si vuole accentuare l'importanza dei dati che definiscono il dominio del progetto (vincoli, requisiti...), da cui, attraverso lo sviluppo di un algoritmo, derivano dei risultati. Generativo è infine una categoria dell'approccio computazionale, ove nell'algoritmo si evidenzia un *pattern* ricorsivo.

L'approccio algoritmico, nel suo insieme di dati, relazioni e regole, rende possibile esplorare soluzioni difficilmente governabili con gli strumenti classici della rappresentazione (Davis, 2011). Si passa così, in fase di progettazione, dal dominio delle forme pre-elaborate nella mente del progettista a quello delle forme potenziali e indotte dal dominio dei dati. A tale scopo, molti *software* di modellazione dispongono di interfacce (*Application Programming Interface* – API), che con opportuni linguaggi di programmazione consentono ai progettisti la personalizzazione dell'ambiente di modellazione e la definizione di algoritmi e dati di controllo. Per rendere ancor più accessibile queste potenzialità, sono stati resi disponibili dei *plug-ins*, ovvero delle applicazioni sviluppate da terzi, che aggiungono funzionalità avanzate al *software* di base. Inoltre, e per facilitare l'uso di questi strumenti ad un'utenza più ampia, viene spesso usato nella codifica dell'algoritmo il paradigma del *visual programming* in differenti implementazioni (principalmente blocchi e flusso). Alcune di queste funzionalità consentono altresì l'interoperabilità tra i diversi ambienti e piattaforme CAD, essenziale per l'integrazione nel processo di input esterni allo stretto ambito disciplinare, come nel caso della progettazione *data-driven*. Ne risultano la comunicazione e l'interazione tra ambienti differenti (Fig. 3), come ad esempio l'utilizzo dei *plug-ins* Grasshopper e Firefly, che permettono di collegare in modo bidirezionale, un modellatore algoritmico ad un microcontrollore (es. Arduino), per processare dati provenienti da sensori e simulare il comportamento fisico di un componente, sia in un ambiente virtuale che in uno reale (fisico).

Semplificando, possiamo dire che nello sviluppo di superfici cinetiche nell'architettura, si rende necessaria l'adozione di un approccio computazionale in cui le variabili-dato consentono di indagare una pluralità di soluzioni progettuali. Nello specifico di un sistema responsivo, le variazioni dell'ambiente sono rilevate da opportuni componenti (sensori), tradotte in informazione, che elaborata da un programma e attuata da dispositivi (attuatori), modificano il sistema stesso (il sistema si adatta all'ambiente). Il suo comportamento è governato da un programma, ovvero un algoritmo ed una sua codifica: l'algoritmo ne costituisce la logica, mentre il codice la implementa in un linguaggio formale.

Pattern e ricorrenze operative

Tradotto a seconda del contesto in “disegno”, “modello”, “schema” o “struttura”, con *pattern* si intende, nello specifico di questa riflessione, un insieme di regole, che tradotte in istruzioni permettono di rappresentare e governare un sistema. Sue caratteristiche principali sono, da un lato, la natura ricorrente, dall'altro, la capacità di adattarsi per rispondere al mutare delle condizioni interne o esterne al sistema. Studiare un *pattern*, quindi, significa sapere identificare ed evidenziare differenze e

somiglianze (scomporre e generalizzare), per produrre da contesti simili suggestioni e idee nuove in contesti differenti: «*each pattern describes a problem which occurs over and over again in our environment, and then describes the core of the solution to that problem, in such a way that you can use this solution a million times over, without ever doing it the same way twice*» (Alexander, 1977).

È possibile individuare tre categorie principali di *pattern* che caratterizzano il *framework* entro cui trova forma la progettazione delle superfici responsive: un *pattern* principale, che definisce la struttura metodologico-operativa della ricerca e le competenze base proprie delle strategie computazionali (Nebuloni, 2019), e due *pattern* complementari, di cui il primo, formale, attiene ai caratteri comuni di una specifica famiglia morfologica, mentre il secondo, compositivo, ne applica i caratteri ad una determinata realtà architettonica. Più in dettaglio, si riferiscono al *pattern* metodologico-operativo la capacità di pensare al progetto in termini di: scomposizione (suddivisione del problema nelle diverse parti e nelle relazioni tra esse), generalizzazione (individuazione di elementi, ricorrenze o aspetti significativi invariati del problema), astrazione (capacità di evidenziare, scegliere e focalizzare gli elementi rilevanti del progetto rispetto agli obiettivi da raggiungere), algoritmo (ragionamento logico, capacità di organizzare le soluzioni in sequenze e regole) e valutazione (verifica della soluzione per correttezza, pertinenza ad uno scopo ed efficienza nel perseguirlo).

Al *pattern* formale fanno invece riferimento quell'insieme dei caratteri geometrico-costruttivi, che nel caso delle architetture dinamiche fanno spesso riferimento alla famiglia morfologica delle superfici piegate. L'interesse nei confronti di tali morfologie nasce sia da ragioni “meccaniche” (la capacità intrinseca di modificare la loro organizzazione spaziale – Francis, 2014) sia in analogia con la natura algoritmica dell'impianto metodologico della ricerca. Il nesso progettuale non è quindi con la dimensione finita del prodotto “superficie piegata”, ma con quella programmatica di un oggetto-genotipo, che diventa architettura nel terzo *pattern*, quello compositivo, quando tali morfologie si specificano in una struttura architettonica.

Includere il movimento nell'architettura, implica quindi non solo la necessità che i progettisti “resetino” gli strumenti del progetto per costruire nuovi linguaggi fondati su variazione e complessità (Spuybroek, 2009), quanto la definizione di un diverso *framework* operativo utile nella progettazione di sistemi legati a parametri in continua mutazione. È ciò sia nei processi che nei riferimenti spesso poco affini con le logiche della disciplina. Ne consegue l'importanza di una rilettura del tema “morfologie responsive” centrata sulla valorizzazione di tutte le sue peculiarità, e quindi sia gli aspetti tecnologici, costruttivi e ambientali, che quelli estetici e comunicativi. Lo scopo è quello di costruire modelli metodologici e strumentali, la cui adozione appare particolarmente significativa nell'ambito della ricerca didattica, dove il confronto con la fisicità dei prototipi di studio è strumento imprescindibile per il progetto.

Ciò ha rappresentato l'obiettivo di una sperimentazione che ha coinvolto gli autori in diversi livelli della ricerca didattica, di cui il successivo capitolo ne tratterà sinteticamente gli aspetti fondamentali.

Sperimentazione

La sperimentazione di seguito illustrata, con l'obiettivo di definire modelli sia metodologici sia strumentali per la progettazione, è stata l'occasione per indagare la struttura del processo logico-creativo, i dati, i componenti e le relazioni che entrano

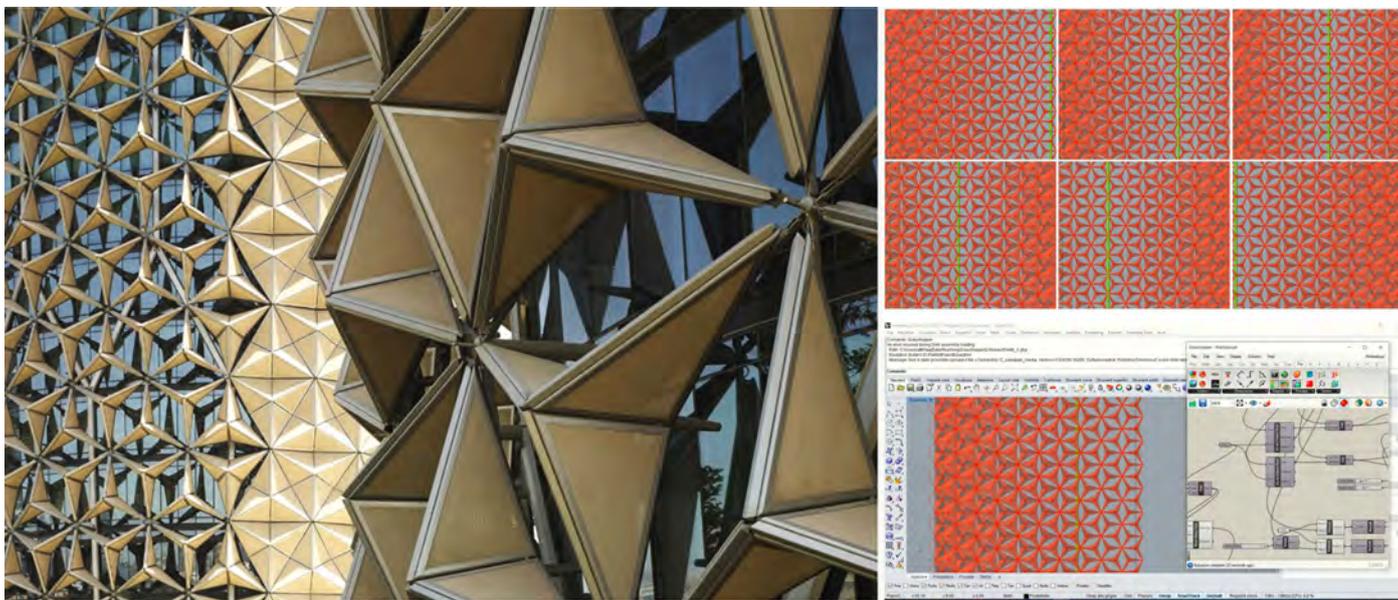


Fig. 3

in gioco nello sviluppo di un sistema responsivo. Specifica attenzione è stata rivolta al sistema delle tecnologie digitali, alla base del comportamento dinamico e interattivo. La ricerca ha definito due sotto-obiettivi: i) sviluppare uno strumento di base per studiare strutture cinetiche elementari, connesse a dati ambientali nella modifica del loro *pattern* spaziale – un kit di facile assemblaggio, realizzato con materiale comune e poco costoso; ii) esplicitare nel processo progettuale le fasi e le modalità applicative dell'approccio computazionale (dalla definizione del problema attraverso un'indagine su temi simili, all'individuazione dei componenti e delle relazioni fra essi – Nebuloni e Vignati, 2018). A livello di linee guida, inoltre, si è cercato di utilizzare strumenti *open source* e di ridurre la complessità del sistema all'essenziale, così da focalizzare l'attenzione sul processo e i componenti utilizzati.

La sperimentazione si è quindi strutturata sulle seguenti cinque fasi:

- Ricerca, analisi e scelta degli esempi (*euristica, scomposizione e generalizzazione*). Tra gli esempi studiati, la scelta è ricaduta su forme semplici e con una natura già potenzialmente cinetica, come le superfici piegate. La ricerca ha portato a ragionare su due componenti funzionali principali comuni agli esempi trovati: tipo di origami e modalità di trasformazione (nei casi analizzati, il controllo del movimento attraverso una biella).
- Astrazione del problema e scelta del *pattern* formale. Studio delle geometrie capaci di modificare la propria forma in relazione allo spostamento di punti specifici. Tali punti attivano la catena cinematica costituita dalle pieghe dell'origami. Nel cinematismo si è optato, invece della biella, per curve geometriche semplici, quali la spirale archimedeica e la retta. Queste curve sono descritte da due funzioni lineari, una espressa in coordinate polari, l'altra in coordinate cartesiane. Ruotando la spirale di un angolo α rispetto alla retta, il punto di intersezione delle due curve si sposta sulla retta proporzionalmente a tale angolo¹. L'uso di rapporti lineari semplifica il controllo del meccanismo che realizza il movimento (Fig. 4).
- Scelta del movimento e definizione dell'*algoritmo*. Si è definito l'algoritmo che modella un origami con vettori di

movimento a 2-4 punti; attraverso la simulazione, si è poi passati allo studio del meccanismo fisico da utilizzare nel prototipo per il loro controllo (Fig. 5).

- Costruzione del modello fisico (*prototipo*). Elaborazione dei dati che, dal sensore di luminosità e attraverso il servomotore, controllano il movimento del cinematismo (rotazione della spirale e spostamento punti di controllo), così da modificare la forma dell'origami scelto. L'interazione con il sistema dei dati che guida la responsività è stata ottenuta utilizzando la piattaforma Arduino e rielaborando codici-esempio. Lo pseudocodice che definisce il comportamento è così definito: i) inizio ciclo; ii) leggo la proprietà fisica che controllerà il comportamento; iii) traduco il valore nella rotazione della spirale (con modifica della geometria controllata); iv) continuo dall'inizio (Fig.1).
- Valutazione. Nel modello virtuale con la costruzione di scenari applicativi del sistema responsivo alla composizione architettonica. In questa fase è stata inoltre valutata l'efficacia del processo in *workshops* progettuali dedicati.

Conclusioni

L'adozione dell'approccio computazionale, più in generale l'utilizzo di funzionalità parametriche, porta, da un lato, a concepire ed elaborare configurazioni morfologiche complesse difficilmente sviluppabili con i metodi tradizionali del progetto, dall'altro, ad integrare gli aspetti di interazione con l'ambiente espressi nella variabilità dei dati in un'architettura dinamica (Kolarevic, 2015). Si può quindi evidenziare come l'insieme dei caratteri multidisciplinari coinvolti nell'uso del digitale a supporto del progetto (in particolare la transizione da approcci "classici" ad altri "algoritmici") richieda la ridefinizione delle competenze necessarie per affrontare e governare la sua crescente complessità.

La sperimentazione, pur nella sua semplicità, ha comunque permesso di esplorare gli elementi base coinvolti nello sviluppo di una morfologia cinetica, ed in forma di mappa concettuale per accompagnare i progettisti nella loro costruzione. Allo stesso tempo, ha consentito di indagare la struttura logico-cognitiva, gli strumenti metodologico-operativi dell'approccio computa-

¹ Nel meccanismo fisico si deve considerare l'attrito tra la spirale e il perno di controllo. Critico è l'angolo tra la tangente della spirale, nel punto d'intersezione con la retta su cui si muove il perno, e la retta stessa. Da questo angolo dipende il dimensionamento geometrico della spirale. Per meccanismi complessi è necessario l'uso di programmi di simulazione.

zionale nella progettazione e le tecnologie in campo per la loro possibile applicazione.

References

Alexander, C., Ishikawa S., Silverstein M., ... Angel S. (1977), *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, Oxford Press, New York.

Buratti, G., Nebuloni, A. and Vignati, G. (2019), "Computational approaches in design", proceedings of the 3rd International Conference on Environmental design, Marsala, 3-4 Ottobre 2019, MDA, Palermo, pp.159-166.

Carpo, M. (2017), "Building with geometry, drawing with numbers", in Goodhouse, A. (ed), *When is the digital in architecture?*, Sternberg, Berlin, pp. 33-45.

Davis, D., Salim, F. and Burry, J. (2011), "Designing Responsive Architecture", *Circuit Bending, Breaking and Mending*, proceedings of the 16th CAADRiA Conference, Hong Kong, 27-29 Aprile 2011, The University of Newcastle, Australia, pp 155-164.

Fox, M. and Kemp, M. (2009), *Interactive Architecture*, Princeton Architectural Press, New York, NY

Francis, K., Rupert L.T., ... Howell L.L. (2014), "From crease pattern to product: considerations to engineering origami-adapted designs", *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering. Volume 5B: 38th Mechanisms and Robotics Conference*, proceedings of ASME 2014 Conferences, Buffalo, August 17-20, 2014, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY.

Kolarevic, B. and Parlac, V. (2015), *Building dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge, NY.

Nebuloni, A. and Vignati, G. (2018), "Architectural Templates: a hands-on approach to responsive morphologies", in Rossi, M. and Buratti, G. (ed.), *Computational morphologies. Design rules between organic models and responsive architecture*, Springer, Cham., pp. 87-112.

Spuybroek, L. (2009), *The architecture of variation*, Thames & Hudson, London.

Wing, J. (2011), "Computational Thinking: What and Why?", *The Link*, (6), Carnegie Mellon, Pittsburgh, pp. 20-23.

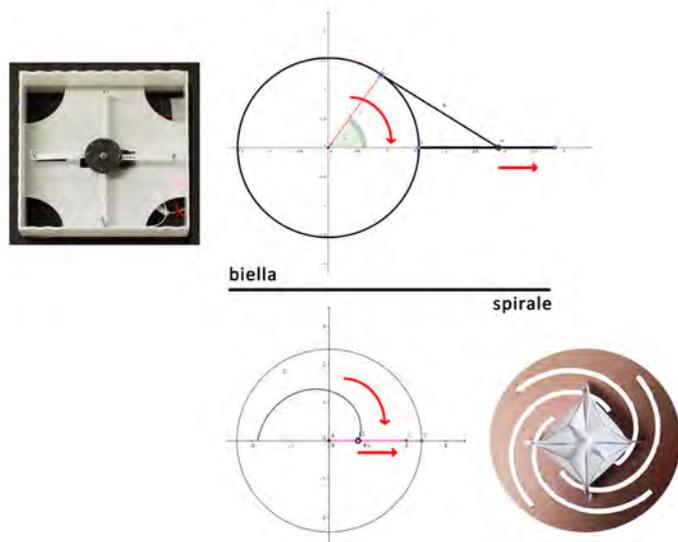


Fig. 4

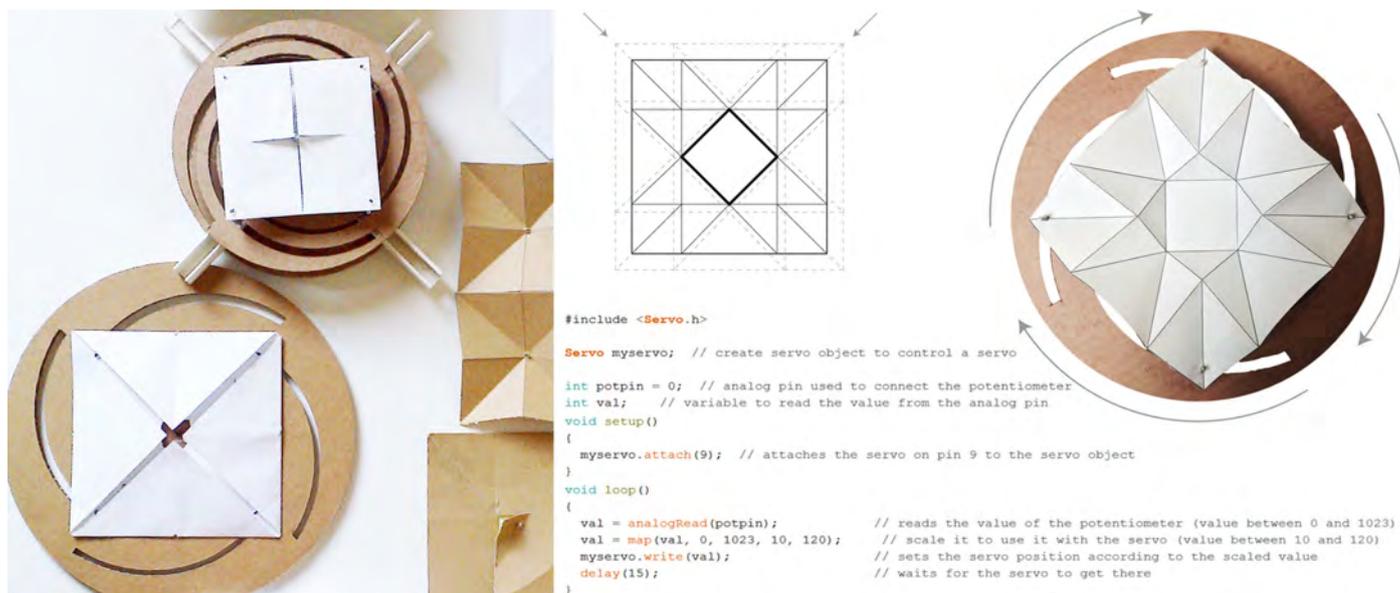


Fig. 5

Fig. 1 - Prototipi responsivi.

Fig. 2 - Basamento dorico, diagramma di costruzione. Fonte: Carpo, 2017

Fig. 3 - Torre Al Bahar. Dettaglio di facciata e simulazione del comportamento re-ponsivo (rielaborazione degli autori). L’algoritmo si compone di due parti: 1. costruzione della morfologia di un origami a stella; 2. programmazione del comportamento dinamico calcolando la distanza di ogni centro dalla linea di incidenza del sole. I valori sono stati rimappati in un dominio 0/1 (apertura/chiusura dei petali) ed utilizzati come input nel controllo della distanza tra i punti della geometria.

Fig. 4 - Studio delle geometrie e simulazione del cinematismo.

Fig. 5 - Codifica del comportamento responsivo e studio del meccanismo fisico.

ARCHITETTURA E BIOMIMESI: LA NATURA COME RISORSA PER IL PROGETTO

Martino Milardi¹, Mariateresa Mandaglio²

Abstract

Il contributo si propone di operare un avanzamento nello studio e l'implementazione spaziale dei principi di biomimetica. Con l'espressione biomimetica o, nella sua più comune dicitura inglese, Biomimicry, si intende un approccio scientifico allo studio dei processi biologici e biomeccanici degli organismi e degli ecosistemi naturali al fine di estrarne principi da riprodurre, attraverso processi digitali, nella progettazione di artefatti antropici. Si tratta di un approccio multidisciplinare. La biomimetica applicata all'architettura riconduce al filone del progetto sostenibile, ma apporta una grande spinta di innovazione sia in termini di processi che di risultati.

Keywords: Biochemistry and Biomimicry approach, SMART Building Envelope, Integrated Multi-Target Design, Multifunctional and Adaptive Components, Building Energy Performance

¹ dArTe – Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, mmilardi@unirc.it

² dArTe – Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, mariateresa.mandaglio@unirc.it

Background culturale e scientifico

I percorsi sui quali si è intrecciato, interrelandosi, lo sviluppo dell'agire architettonico sono costellati da innegabili e costanti riferimenti ai sistemi di funzionamento della natura. Questo assunto, in apparenza dato come paradigma “scontato” alla base dei processi realizzativi, spesso si è invece omogeneizzato con i diversi flussi del ciclo progettuale perdendone a volte propulsione e riconoscibilità.

Sembra comunque indubbio quanto oggi, crisi congiunturali, transizioni tematiche e soprattutto la presa in conto della necessità di trasformare le “questioni ambientali” in risposte operative alle varie scale e modalità, rimettano la complessità dei sistemi naturali al centro delle attenzioni dei sistemi antropici e artificiali.

In questo senso, soprattutto in questi ultimi anni, tra le strategie che fanno dell'emulazione dei funzionamenti naturali e ridanno forza alla traduzione di questo in apparati tecnici, si ascrivono gli approcci della Biomimetica e Biomimesi. Visione finalmente consolidata che rappresenta un affidabile solco per le sperimentazioni e applicazioni progettuali che hanno tra gli obiettivi cardinali la conformità ecologica e la qualità ambientale degli interventi.

Da molti versanti del progetto, si mette in luce che se la natura ha inventato sistemi perfettamente funzionanti, la Biomimetica sembra rappresentare la naturale evoluzione del progetto per vincere le sfide del futuro e realizzare, in tutti i campi, applicazioni in linea coi principi della sostenibilità.

Nella Storia dell'Architettura son fin troppo noti i riferimenti che facevano di questi approcci le basi delle loro esperienze. Ad esempio Gaudí con i suoi edifici ispirati alle forme vegetali e animali, Wright con la sua architettura organica degli anni '30. Ben prima, insomma, che si parlasse di “*smart cities*” e “*smart buildings*”.

Ma dalla rivoluzione industriale ad oggi, lo scenario è inevitabilmente cambiato. I progressi maturati nell'ambito delle nuo-

ve tecnologie, e oggi sempre più “veloci”, propongono nuove prospettive di relazioni tra progetto e biologia offrendone differenti possibilità grazie alle elevate attuali capacità tecniche di interpretazione ed emulazione della natura.

Tre le studiosi che parlano di biomimetica c'è Janine Benyus (Benyus, 2002), presidente del Biomimicry Institute e autrice di numerosi libri, che in un suo discorso al TED ha galvanizzato scienziati, architetti, designer e ingegneri spingendoli a esplorare nuovi modi in cui i successi della natura possono ispirare l'umanità, definendo tale disciplina come “l'emulazione cosciente del genio della vita”.

Nel libro “*Biomimicry in Architecture*”, Michael Pawlyn descrive la biomimetica come la “disciplina che imita le basi funzionali delle forme, dei processi e dei sistemi biologici per produrre soluzioni sostenibili” (Pawlyn, 2011).

L'“inventore” Buckminster Fuller afferma in modo chiaro: «*We do not seek to imitate nature, but rather to find the principles she uses*»¹. Non limitarsi dunque a copiare la natura ma trarne piuttosto un'ispirazione orientata a trasferirne i principi e le logiche biologiche.

Tra i primari esempi di biomimetismo più citati si pone il velcro, inventato nel 1941 da George de Mestral. L'ingegnere svizzero ispirato dai piccoli fiori che si attaccavano saldamente al pelo del suo cane: analizzandoli al microscopio, notò che ogni petalo presentava alla sommità un uncino capace di vincolarsi ovunque trovasse una superficie adatta. Fu così che dall'osservazione di tale strategia naturale e la sua riproposizione in elemento tecnico, si passò alla produzione di semplici strisce in nylon che hanno cambiato i sistemi di connessione tra alcuni tipi di superfici.

Gli ingegneri dell'*US Air Force* nel 1960 svolsero degli studi sulla struttura dell'occhio delle api. Il loro interesse era mosso dalla possibilità di usare in campo aeronautico il sistema di orientamento delle api che sfrutta la luce polarizzata (La Rocca, 1997).

Un altro esempio di sicuro fascino è offerto dall'Eastgate

¹ Nell'era in rapida crescita della necessaria responsabilità ambientale, l'architettura fiorirà se sostituisce la metafora altera degli edifici come macchine con la metafora olistica degli edifici come fiori. In futuro, le case in cui viviamo e gli uffici in cui lavoriamo saranno progettati per funzionare come organismi viventi, specificamente adattati al luogo e in grado di attingere a tutte le loro esigenze di energia e acqua dal sole, dal vento e dalla pioggia circostanti. L'architettura del futuro trarrà ispirazione non dalle macchine del XX secolo ma dai bellissimi fiori che crescono nel paesaggio circostante in “L'edificio vivente” di Robert J. Beberbile e Jason F. McLennan.

Building Centre di Harare, in Zimbabwe. Un *green building* che ospita uffici e un grande centro commerciale, realizzato su progetto di Mick Pearce che, a fronte di un contesto climatico complesso non presenta alcun sistema di ventilazione convenzionale. applicando i principi dell'auto raffreddamento e della ventilazione, osservabili nelle tane delle termiti africane. I dati sul risparmio energetici dell'edificio sono di grande significato e sono oggi portati come esempio di efficienza energetica realmente ispirata dalla natura.

Tra gli aspetti critici che emergono comunque dal dibattito, si ascrive il possibile equivoco riguardo l'utilizzo di materiali organici o "viventi" come nel caso delle architetture a forte connotazione "green". Nel senso che è noto come a differenza di questa, la biomimetica non impiega esseri viventi ma si limita ad imitarli; non prevede l'uso esclusivo di materiali naturali, anzi, a volte i risultati sono di matrice artificiale anche se riproducono meccanismi dei sistemi viventi.

«La biomimetica ci introduce in un'era basata non su cosa possiamo estrarre dalla natura, ma su cosa possiamo imparare da essa. Spostare l'attenzione dall'imparare a proposito della natura all'imparare dalla natura richiede un nuovo metodo di indagine, un nuovo set di lenti, e soprattutto una nuova umiltà» (Benyus, 2011).

Un approccio quindi multi-disciplinare che non replica, forzandole, le forme della natura, ma si ispira ai meccanismi che la governano per applicarli ai diversi ambiti supportando gli obiettivi di produzione di una nuova e alta qualità ambientale.

Approccio e metodologia

Come noto, nei suoi intenti fondativi la biomimetica non si propone come un approccio alternativo, ma piuttosto integrativo, dell'intero complesso di ambiti e campi che hanno il benessere, la salubrità e l'ecologicità dei processi come obiettivi per fare fronte in modo efficace alle diffuse e cruciali criticità che investono oggi il Pianeta.

Ad esempio, il tema dell'efficienza energetica è un campo di ampia diffusione sia per ragioni di cogenza normativa sia per il reale consolidamento degli obiettivi di controllo degli esiti ambientali dei cicli socio-economici e produttivi. Ma a differenza del tenore diffuso, il tema è solo un aspetto limitato rispetto a un problema più complesso. La biosfera è composta da piccole unità ovvero gli ecosistemi, il cui metabolismo è un circuito chiuso all'interno del quale un "rifiuto" diventa un nutriente. Un ciclo che permette l'equilibrio fra tutte le risorse. La comprensione delle attività dei cicli naturali, la logica ecosistemica delle azioni e reazioni tra esseri viventi ed ambienti non viventi, inclusi quelli antropici, sono forse il presupposto principale per gli interventi tesi ad un effettivo bilanciamento e integrazione tra l'agire umano e la complessità ambientale dei contesti. È in questa luce che intendono collocarsi i concetti e le strategie tecniche di biomimesi in architettura.

Trasferendo al campo del progetto il requisito di capacità adattiva, emerge come da sempre stata rilevata come una caratteristica fondamentale per la sopravvivenza di una specie all'interno di un dato ecosistema. Il progetto di architettura, in quest'ottica, non fa eccezione: la sua capacità di trovare e

mantenere un equilibrio all'interno del sistema è fondamentale per la sua sopravvivenza sul lungo periodo. Se le condizioni del sistema (urbano, sociale, economico, ecologico) all'interno del quale il progetto si colloca sono infatti note al momento della sua costruzione, è difficile prevedere per il progettista in che modo queste evolveranno. È dunque importante che l'edificio sia in grado di raggiungere un equilibrio omeostatico: uno stato in cui, anche al variare delle condizioni esterne, si possano mettere in atto meccanismi autoregolatori, soprattutto oggi viste le emergenze relative ai cambiamenti climatici.

All'interno di questa, vasta, tematica, assume un ruolo centrale l'obiettivo di definire processi e tecnologie orientate alla comprensione e al controllo delle relazioni biunivoche che si instaurano tra edificio e contesto. In particolare e secondo opinione largamente condivisa, il miglioramento delle qualità e delle performance degli involucri diventa una delle strategie cardine delle politiche inerenti il controllo degli impatti dell'ambiente costruito. Su questi versanti si è rivolta la ricerca applicata e la sperimentazione di involucri efficienti, adattivi, integrati, responsivi, dinamici, "smart" e, appunto, biomimetici. Un ampio ventaglio innovativo che tuttavia richiede maggiori azioni di verifica in fase di progettazione, anche, quando possibile attraverso l'auspicabile prototipazione, testing, customizzazione, e messa in produzione.

In questa luce infatti, il ruolo degli strumenti di rilevazione fenomenologica e, soprattutto, dei centri che svolgono attività di testing che riproducono i fenomeni assumono particolare rilevanza. L'approccio operativo basato su test di misura e valutazione prestazionale in regime simulato, sembra risultare strategico per tutti gli attori del settore edilizio, progettisti, produzione, PA, committenza, impresa, utenza, ecc.

In particolare, proprio per le caratteristiche complesse derivanti dalla profonda innovazione che ha investito il campo dell'involucro negli ultimi anni, anche i protocolli unificati di testing richiedono nuove modalità ed attrezzature in grado di offrire spettri di indagine in linea con gli aspetti tracciati dall'innovazione. Ciò al fine ultimo di supportare la realizzazione di nuovi componenti ad alte prestazioni, possibilmente, basati su basi materiche di nuova concezione come ad esempio quelli di matrice biomimetica².

Aspetti analitici, inquadramento critico

Le diverse congiunture che anno investito il settore delle costruzioni, comprese quelle relative ai cambiamenti climatici, hanno arricchito il progetto di architettura di nuovi classi di requisiti come l'interazione intelligente con le variabili contestuali. Quest'ultimo, assume l'involucro come uno strato epidermico dinamico che cambia e muta in funzione delle stagioni, si adatta alle diverse condizioni, alle istanze degli utenti e, a volte, condiziona esso stesso il suo contesto. Un involucro, quindi, capace di adattarsi alle diverse esigenze come un elemento naturale di cui emula le strategie di risposta adattiva.

Secondo questo approccio, ogni idea, disegno o calcolo non può essere svincolata dal contesto in cui si collocherà. Ogni costruzione è un frammento di "paesaggio complesso" di cui ne subisce e allo stesso tempo ne modifica gli effetti. In termini di

2 In questo panorama si colloca il BFL (Building Future Lab), una grande infrastruttura laboratoriale dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria che mira proprio a supportare la realizzazione di nuovi componenti ad alte prestazioni, attraverso simulazioni e sperimentazioni con protocolli standardizzati. A tal fine l'unità operativa di Reggio Calabria si è orientata verso lo sviluppo di test su componenti, avendo l'opportunità di poter disporre di un laboratorio finalizzato al testing avanzato degli involucri edilizi. Tale infrastruttura, ovvero la Sezione TCLab del BFL, consente di sperimentare nuovi sistemi tecnici per l'edificio del futuro, rappresentando una fertile occasione di ricerca e sperimentazione avanzata. Attraverso strumentazioni che riproducono sollecitazioni climatiche estreme su *mock-up* di involucri, è possibile studiarne non solo le risposte prestazionali ma anche misurare le caratteristiche resilienti degli stessi. Questo, consente in larga misura di configurare i vari scenari di adattività degli edifici orientando le decisioni progettuali verso le opzioni più congruenti ai diversi contesti di riferimento e relazione. Nello specifico si svolgono esperienze di test su facciate e involucri, sia in regime di certificazione che di sperimentazione.

approccio biomimetico, il “sistema – edificio” viene scomposto in elementi e sottosistemi per facilitare sia la caratterizzazione degli stessi sia le relazioni che si instaurano tra loro.

La presenza di una gerarchia e di un’organizzazione complessa (e matematica) è noto sia presente anche in natura, ove ricorrono elementi quali la serialità e la modularità, oltre che l’evoluzione di queste. Ad esempio, gli studi sui frattali, sulle crescite logaritmiche, sulla serie di numeri³, sono in grado di descrivere forme e fenomeni presenti e in fase di sviluppo. Inoltre, i frattali sono caratterizzati dall’autosimilarità e dal “*closest packaging*”, ovvero dalla presenza di massima efficienza in uno spazio minuscolo.

La biomimesi è l’applicazione di questi principi osservati e indagati, presenti in natura e organizzabili in strutture base combinabili che, come afferma Pearce, generano “*minimum inventory, maximum diversity*”; analogamente agli elementi modulari presenti nell’ambiente costruito, siano essi parti di edificio, quartieri o città.

La città stessa è un sistema che può essere gestito con approcci *top-down* o *bottom-up*. Gli stessi tipi di approcci si ritrovano nella progettazione biomimetica: partire da un’esigenza “in alto” per trovare strategie utili per un progetto, oppure partire dall’osservazione “in basso” di ciò che già esiste per comprendere come produrre qualcosa di nuovo. Questo potrebbe supportare la sfera decisionale inerente le esigenze di nuove modalità gestionali dell’ambiente costruito poiché, come è noto «[...] la città è un sistema aperto molto complesso, in cui gli input sono l’energia, i materiali e l’informazione e gli output altra informazione – pura o incorporata in altri materiali – e rifiuti in molte forme diverse. Quello che fa la differenza con la situazione passata è la drammatica crescita della quantità di input e, di conseguenza, di output [...]» (Butera, 2007).

Rilevanza del tema trattato

Come sopra detto, l’edificio è un sistema dinamico soggetto ad azioni e sollecitazioni esterne ed interne con le quali è in continua relazione e reazione al fine del raggiungimento e mantenimento di un equilibrio possibilmente a bassa richiesta di energia. Quando questo si ottiene attraverso caratteristiche di adattività dell’intero sistema, e potendone misurare i livelli di risposta si potrebbe anche definirne la capacità resiliente dello stesso, e quindi la possibilità di valutarne in modo affidabile nuovi e oggi richiesti livelli qualitativi.

Diversi studi di settore, dimostrano come l’involucro architettonico adattivo (e in particolare quello di ispirazione biomimetica) contribuisca in maniera sostanziale alle necessità di una rinnovata e aumentata offerta prestazionale richiesta oggi agli edifici.

Tale necessità parte dall’analisi dell’evoluzione delle prestazioni dell’involucro architettonico da passivo ad attivo, indagando i processi tecnologici d’innovazione che hanno permesso di sviluppare il passaggio etimologico e prestazionale dal concetto di chiusura a quello di facciata ed infine a quello di involucro dinamico e intelligente basato su funzionamenti biomimetici.

La tematica affrontata da una ricerca in progress svolta nell’ambito delle attività del Laboratorio TCLab del BFL, vuole inserirsi nel campo degli studi condotti sulle nuove prestazioni dinamiche dell’involucro architettonico, che sono offerte non soltanto da elementi meccanici o dalla passività tipologica, stratigrafica e materica, ma soprattutto dal panorama di strategie biomimetiche.

La finalità è individuare e definire le modalità dei possibili

“trasferimenti” delle dinamicità biomimetiche agli elementi edilizi. In particolare, si intende superare il concetto di emulazione strategica attraverso un passaggio scalare che riguarda lo studio dei funzionamenti materici di alcuni organismi del mondo animale e vegetale, in risposta alle sollecitazioni esterne. Quindi uno studio sistematico delle caratteristiche materiche di questi organismi che sfruttando le loro qualità molecolari intrinseche (e apparentemente passive), si organizzano in modo intelligente in forme strategiche e dinamiche.

Quindi dalla scala nanomaterica a quella macroscopica al fine di costruire un repertorio tematico e interattivo utile a supportare la definizione progettuale, nonché possibilmente prototipale, di nuovi elementi che possono realizzare involucri edilizi adattivi, integrati, dinamici e responsivi a base biomimetica.

Nelle sue fasi istruttorie, la ricerca indaga l’evoluzione dello stato dell’arte, tentando non solo di sistematizzarne i punti salienti e aggiornare dove possibile le informazioni ma, anche, di costruire un abaco dei nodi critici e problemi aperti asportabili per le azioni di ricerca. Quindi si approfondiscono le tematiche legate al concetto di dinamicità ed interattività dell’involucro (anche in chiave energetica) attraverso lo studio del dibattito scientifico legato all’evoluzione costruttiva, all’impiego di tecnologie e materiali avanzati per le facciate, nonché dei sistemi informatici per la gestione prestazionale degli edifici, anche in ambiente o logiche di *smart building*.

In ultimo e avvalendosi della chiave disciplinare della biomimetica, lo scopo è quello di affrontare, nel settore dei componenti di facciata “evoluti”, l’approfondimento relativo allo studio dei sistemi di movimento e variabilità del sistema di chiusura, lo studio di materiali innovativi, gli aspetti prestazionali ed i controlli di qualità necessari sia per aggiornare lo stato dell’arte, sia per proporre nuove soluzioni di integrazione architettonica di componenti, anche “energeticamente” intelligenti, su base di un reale, affidabile e misurabile, funzionamento biomimetico.

Possibili ricadute culturali, scientifiche e operative

La realizzazione di “edifici viventi” sembra essere l’obiettivo del richiesto cambiamento di paradigma culturale e progettuale. In questo, è indicato come ricoprente ruolo fondamentale la “lezione” che arriva dal mondo vivente, dalla natura, ritenuta sicuro punto di riferimento per ogni nuova progettazione, che sappia conservare condizioni omeostatiche idonee affinché i processi fisiologici di utenti e ambienti mantengano uno stato di equilibrio ottimale.

Una progettazione che intende seguire le leggi che regolano i processi e cicli vitali. Trarre spunto dalla natura implicherà quindi la presa in conto che la dinamica vitale non può essere assimilabile a quello di una macchina, per cui, come affermano i tavoli di indirizzo planetario in tema di qualità ambientale, si raggiungerà una reale sostenibilità quando si sarà raggiunto una vera e propria integrazione tra i sistemi viventi o comunque naturali.

Riferendo questo al tema del contributo, una delle opportunità più fertili della biomimetica è infatti trasferire i comportamenti della natura per ottenere prodotti efficienti che funzionano passivamente senza richiedere energia non rinnovabile, utilizzando le variazioni ambientali che avvengono naturalmente nei diversi contesti di relazione.

L’innovazione tecnologica e i “*campi driver*” da questa sottesi, fanno passi sostanziali e fortunatamente alle velocità richieste dall’attuale congiuntura, per cui i progetti biomimetici che venti anni fa non potevano essere realizzati oggi trovano tecnologie mature e in grado di concretizzare quel trasferimento.

Si fa dunque sempre più ricco e complesso lo scenario evolutivo dei sistemi tecnici e prodotti che, grazie all'uso di nuove tecnologie e materiali (ad esempio in *logica smart*), diventano man mano più dinamici, adattabili, sensibili e multifunzionali, offrendo la possibilità di estendere il significativo contributo dei paradigmi, assunti e modalità di matrice biomimetica, al sempre più ampio e centrale progetto di architettura.

References

- Benyus, J.M. (2011), "*A biomimicry primer*", available at: https://biomimicry.net/b38files/A_Biomimicry_Primer_Janine_Benyus.pdf.
- Benyus, J.M. (2002), *Biomimicry. Innovation Inspired by Nature*, William Morrow & Co., New York, NY.
- Butera, F.M. (2007) *Dalla caverna alla casa ecologica. Storia del comfort e dell'energia*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Estevez, A.T. (2017), *Biodigital Architecture and Genetics*, Actar, Barcellona.
- Gruber, P., Bruckner, C., Hellmich, C., Schmiedmayer, H., Stachelberger, C. and Gebeshuber, I.C. (2011), *Biomimetics - Materials, Structures and Processes. Examples, Ideas and Case Studies*, Springer, Vienna - New York
- IoArch. Costruzione e Impianti (2016), "Architetture biomimetiche. Le soluzioni messe a punto dalla natura diventano soluzioni progettuali", n. 65, Agosto 2016, Font Srl, Milano.
- La Rocca, F. (1997), *Tecniche della Natura in architettura. Percorsi della biologia nella teoria progettuale*, Maggioli Editore, Rimini.
- Pawlyn, M. (2011), *Biomimicry in Architecture*. Riba Publishing, London
- Santulli, C. and Langella, C. (2016), "Study and development of concepts of auxetic structures in bio-inspired design", *International Journal of Sustainable Design*, vol. 3 (1), pp. 20-37.
- Zari, M.P. (2007), "Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability", *Transforming our Built Environment*, proceedings on the SB07 NZ Sustainable Building Conference, Auckland, November 14-16, 2007, pp. 1-10.

SCENARI E TECNOLOGIE A BASSO COSTO PER LA RIGENERAZIONE AMBIENTALE DEGLI SPAZI TRA LE CASE

Paola Marrone¹, Federico Orsini², Alberto Raimondi³

Abstract

Il paper presenta i primi risultati di una più ampia ricerca interdisciplinare ancora in corso e nata con l'obiettivo di analizzare il ruolo che gli spazi aperti di prossimità e le Key Enabling Technologies (KETs) possono svolgere nella lotta al cambiamento climatico. Lo studio individua alcuni luoghi della ricerca identificati all'interno del contesto urbano della città di Roma, studiandone attuale utilizzo, potenzialità e aspettative degli abitanti. Sulla base dell'analisi condotta vengono poi presentati potenziali scenari di rigenerazione ambientale (per la mitigazione climatica) in chiave 'smart' degli ambienti outdoor.

Keywords: Open spaces, Smart environment, Cambiamento climatico, Green economy, Nature Based Solution, KET

¹ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, paola.marrone@uniroma3.it

² Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, federico.orsini@uniroma3.it

³ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, alberto.raimondi@uniroma3.it

Premessa

Il lavoro sintetizza le prime riflessioni di un gruppo di studio interdisciplinare (architetti, urbanisti, economisti, ingegneri e antropologi urbani) elaborate per il più ampio programma di ricerca Prin 2017-TECH_START (*key enabling TEChnologies and Smart environmenT in the Age of gReen economy. Convergent innovations in the open space/building system for climaTe mitigation*) sulle potenzialità di trasformazione nella città, ed in particolare degli spazi aperti di prossimità, in ragione delle esigenze di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, oggi ancor più pressanti anche in ragione della epidemia Covid19, considerando le potenzialità date dalle *Key Enabling Technologies* (KETs). Si tratta di immaginare ambienti 'intelligenti' attraverso il trasferimento di conoscenze e metodologie d'intervento, atte a sostenere la transizione verso un modello di sviluppo economico che accolga i principi di tutela dell'ambiente, delineando strategie per una trasformazione 'intelligente' e sicura dell'ambiente costruito, adeguate a un settore tradizionalmente in ritardo quale quello delle costruzioni.

Sebbene circoscritto ad una parte dell'ambiente urbano, l'obiettivo della ricerca si trova, inevitabilmente, a confrontarsi con alcune tematiche che la progettazione, a livello urbano e architettonico, sta affrontando sotto la spinta di sperimentazioni radicali dettate da cambiamenti sociali, economici, climatici, tecnologici, ma anche dalle trasformazioni connesse ai recenti e probabilmente ricorrenti eventi epidemiologici. Due mostre, appena inaugurate all'inizio del 2020, possono riassumere alcune questioni che riguardano, da un lato, gli scenari conseguenti alle innovazioni tecnologiche e, dall'altro, la necessità di 'riannodare' spazi pubblici ed edifici, partendo da una riappropriazione da parte della collettività.

"*Countryside, The future*" (Guggenheim Museum di New York) di Koolhaas e Bantal, Direttore di AMO, ci invita a guardare le alterazioni del paesaggio per riflettere su come luoghi, edifici e spazi, in particolare del territorio della campagna, si stiano rapidamente trasformando grazie a 'codici, algoritmi, tecnologie, ingegneria, non intenzioni' e, così facendo, modificano le relazioni tra uomo e natura, tra soggetti privilegiati e svantaggiati, introducendo nuovi ordini 'ipercartesiani' nel

nostro modo di vivere gli spazi.

"*Our Urban Living Room*", la mostra itinerante dello studio Cobe, indaga una città pensata come un'estensione della casa, con un confine sfumato tra pubblico e privato, attraverso progetti che evidenziano come la qualità sociale determini la qualità della vita di chi abita le città.

Accogliendo queste premesse come principi ispiratori, riferimenti scientifici dello studio sono:

- a livello urbano, le esperienze delle *green cities* e gli indirizzi della *The Urban Agenda for the EU*, per inquadrare i processi di rigenerazione ambientale degli spazi aperti (ciclo dell'acqua, dell'energia, dell'aria, dei materiali, ecc.) con riferimento ai *Sustainable Development Goals* e, in particolare, agli obiettivi 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili) e 13 (Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere i cambiamenti climatici);
- a livello tecnologico, le sperimentazioni per la rinaturalizzazione delle città, attraverso l'introduzione di *Nature Based Solutions* e sistemi di forestazione urbana, promosse dalla UE e da numerose amministrazioni comunali nazionali (ad es., la città di Prato o Milano) ed europee (ad es., Londra, Parigi o New York); le trasformazioni digitali di parti di città guidate soprattutto da produttori di *device* e analizzate, per le sue implicazioni etiche e sociali, da gruppi sempre più numerosi di studiosi sull'intelligenza artificiale;
- a livello economico, le prime applicazioni dei principi della *Green Economy* e della digitalizzazione al settore delle costruzioni attraverso piattaforme per la gestione dei flussi di risorse e materiali, o l'introduzione di soluzioni IoT (*Internet of Things*) per l'organizzazione e il monitoraggio della costruzione.

L'impostazione metodologica dello studio seguirà un approccio induttivo: precisati termini e ambiti d'intervento riferibili agli spazi *outdoor* di prossimità, saranno individuati alcuni contesti di riferimento nazionali, da modellizzare e valutare rispetto alle loro potenzialità trasformative per la realizzazione di *smart environments* finalizzati alla mitigazione, ossia alla riduzione delle emissioni di agenti climalteranti.

Funzioni	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
A. BENESSERE E SICUREZZA DELLA PERSONA				
Sicurezza				
Fitness				
Gioco e socialità				
Comfort climatico				
Formation/free wi-fi				
Biodiversità urbana				
Orticoltura e giardinaggio				
Nature Based Solution per attenuazione inquinamenti				
B. LOGISTICA E MOBILITÀ				
Ricovero bici, monopattini, passeggini, veicoli diversamente abili				
Consegna/ritiro pacchi				
Ricarica veicoli elettrici				
C. METABOLISMO URBANO				
Gestione rifiuti				
Erogazione acqua potabile				
Erogazione acqua non potabile				
Stoccaggio acque piovane				
Infiltrazione acque piovane				
Produzione energia fonti rinnovabili				
Stoccaggio energia fonti rinnovabili				
Legenda				
Potenzialità elevata				
Potenzialità buona				
Potenzialità limitata				
Potenzialità ridotta o nulla				

I luoghi della ricerca

L'individuazione delle tipologie degli ambiti di studio è una fase necessaria per definirne scenari di trasformazione funzionale e di riconfigurazione spaziale e tecnologica in ottica di incremento del confort e della mitigazione ambientale.

Nel suo *"Life between buildings"* (1971) Jan Gehl accendeva i riflettori sulle complessità e ricchezze degli spazi tra le case, intesi sia come spazi propriamente pubblici (strade, piazze, parchi) sia come spazi semipubblici di transizione tra alloggio e città (di seguito per semplicità *spazi outdoor*).

Su questi ultimi si è concentrata la ricerca, assumendo come campo di osservazione la realtà romana e selezionando quattro realtà insediative rappresentative, anche a livello nazionale, del consolidarsi di trasformazioni urbane che si sono manifestate in un arco temporale esteso più di un secolo, ovvero:

- (tipo 1), l'edilizia residenziale pubblica di fine 800 e degli inizi del 900, assumendo come caso di studio il Rione Testaccio;
- (tipo 2), l'edilizia residenziale pubblica ispirata alla città giardino, e in particolare la Garbatella, nata come borgata nel corso degli anni 20 del 900;
- (tipo 3), l'edilizia puntuale su lotto, ovvero la morfologia urbana espressa dalla c.d. "palazzina", sviluppatasi nel secondo dopoguerra, come ad esempio la Balduina;
- (tipo 4), l'edilizia residenziale pubblica degli anni 70 e 80 del 900, esemplificata dall'insediamento di Tor Bella Monaca.

La natura e la consistenza degli spazi *outdoor* delle quattro tipologie sono ovviamente molto diversificate, ma caratterizzati da aspetti comuni di un certo interesse per successivi approfondimenti.

Il primo riguarda il loro livello attuale di utilizzo, che appare sostanzialmente basso, fatta forse eccezione per la Garbatella; sono spazi cui i residenti dedicano la massima attenzione "formale" (testimoniata dalla diffusa conflittualità condominiale, che sovente ruota attorno alle loro modalità di utilizzo) ma che sono complessivamente poco frequentati e poco attrezzati per accogliere relazioni sociali.

Il secondo riguarda le loro potenzialità; letti attraverso la lente del metabolismo urbano, si tratta infatti di spazi dove (seppur ad oggi imperfettamente) si materializzano consistenti scambi di informazioni, energia, materia, con flussi continui di input e output con l'ambiente circostante.

Il terzo aspetto riguarda le aspettative dei residenti. Pur essendo fino ad ora modesti gli scambi strutturati del gruppo di ricerca con gli utenti, si è avuta la netta sensazione di un crescente bisogno di ricondurre a un "esterno controllato e agibile" funzioni in precedenza svolte all'interno dell'alloggio, sviluppando nei confronti degli spazi *outdoor* aspettative generate forse da logiche più legate alla utilità che a quella socialità che ne ha motivata l'origine (socialità che comunque verrebbe inevitabilmente indotta da una maggiore frequentazione degli spazi).

Le funzioni potenziali degli spazi outdoor di prossimità

In parallelo alla selezione degli spazi della ricerca, è stata condotta una prima riflessione sulle funzioni che, cogliendo le attese già manifeste, ma anche proiettando possibili evoluzioni comportamentali, potrebbero caratterizzare gli spazi outdoor del futuro. In questa prima fase, le funzioni – definite sulla base di una sintesi di classificazioni ampiamente note in letterature – sono state riferite a tre famiglie distinte, riguardanti il "Benessere e la Sicurezza della persona" intesi in una accezione estesa, la "Logistica e mobilità" – settore particolarmente dinamico – e il "Metabolismo urbano" (cicli dell'acqua, dei rifiuti e dell'energia). Al fine di consolidare un primo quadro di riferimento si è costruita una possibile matrice per l'individuazione delle potenzialità esprimibili dagli spazi *outdoor* caratteristici delle quattro realtà insediative selezionate.

Come si può rilevare, a un'analisi ancora empirica, le quattro realtà insediative possono avere prestazioni differenziate, in buona parte riconducibili alla dimensione fisica degli spazi *outdoor*, e che potrebbero tuttavia modificare la loro geografia in modo sostanziale, qualora si considerassero (e lo si farà nel seguito della ricerca) parametri inerenti alla resilienza delle funzioni, in particolare di quelle più innovative.

Occorre, infatti, tener presente che lo iato tra funzioni attuali e funzioni potenziali degli spazi *outdoor* è molto ampio, trattandosi di situazioni che nella maggior parte dei casi hanno progressivamente visto scomparire usi tradizionali – si pensi ad esempio alla riduzione delle portinerie legate agli alti costi del personale, oppure alla riduzione dei tempi passati all'aperto rispetto a quelli domestici, dovuta non solo alla minore propensione alla socialità ma anche all'aumento della età media degli utenti – senza acquisirne di nuove nonostante una percepibile domanda latente. Di conseguenza, il salto di qualità che potranno fare gli spazi outdoor potrebbe essere molto significativo – di qui l'interesse della ricerca in corso – ma l'esperienza dimostra come i mutamenti repentini degli spazi intimi comportino anche resistenze e conflittualità.

Fattori per potenziali scenari di rigenerazione ambientale (per la mitigazione climatica) in chiave "smart" degli ambienti outdoor

Parallelamente ai luoghi della ricerca e alle relative potenzialità d'uso, sono stati individuati fattori in base ai quali formulare, attraverso attività di *co-design*, nuovi scenari di rigenerazione degli ambienti outdoor negli "spazi tra le case".

Un primo fattore riguarda i cicli di vita urbani, in riferimento al consumo di risorse irriproducibili e ai rischi derivanti dalla

rapida trasformazione delle condizioni climatiche: eventi meteorici estremi, siccità, dissesto idrogeologico, ondate di calore, ecc. Tra questi, un tema che merita particolare attenzione è quello delle infrastrutture per la gestione del ciclo dell'acqua, sia dal lato di una migliore capacità di gestione dei flussi in ingresso (dagli apporti pluviali allo sfruttamento di risorse di falda), sia per quanto riguarda i cicli connessi agli edifici e ai loro spazi esterni di prossimità (sistemi di accumulo e di gestione delle acque pluviali e delle acque grigie, soddisfacimento delle condizioni di invarianza idraulica fissate dalle normative regionali, uso per irrigazione del verde e cura degli spazi esterni, supporto alle condizioni di minimo vitale dei corpi idrici di riferimento, sistemi di mitigazione dei fenomeni climatici estremi come isole di calore, siccità, incendi locali, piogge intense).

Un secondo fattore è costituito dalle opportunità della rivoluzione digitale e dal ruolo che stiamo attribuendo alle potenzialità computazionali offerte dalle macchine intelligenti e dai *big data*, sempre più disponibili a costi accessibili, che stanno configurando una "sfera informativa" pervasiva (Floridi, 2017) con rilevantissimi effetti in tutti i principali aspetti della vita urbana: commercio, mobilità di persone e cose e logistica, flussi informativi, produzione e gestione dell'energia, modi dell'abitare e di gestione del patrimonio edilizio, organizzazione del commercio, solo per citare i principali. Questi differenti generi di tecnologie emergenti (*smart grids*, piattaforme *cloud*, *mobile apps*, *smart cities*, IoT, automazione) sembrano definire una "megastruttura", allo stesso tempo un apparato di calcolo e un'architettura di governo, che pone nuove sfide alla ricerca e progettazione per la città (Bratton, 2016). La rilevante implicazione costituita dalla possibilità di utilizzo di KETs, sia per le possibilità offerte dall'ambiente IoT e dall'applicazione diffusiva della connessione in 5G, sia per la continua evoluzione dei sistemi di sensoristica e degli attuatori a controllo remoto, consente di immaginare gli ambienti outdoor di primo intorno degli edifici, come un ambiente operativo ricco di informazioni prodotte dagli utenti e che richiede integrazione dei flussi di materia e di informazione. Gli spazi di prossimità si annunciano, inoltre, come luogo d'elezione per la condivisione e lo scambio di informazioni fra le utenze locali e gestori di rete e di sistema, e per il perseguimento di un più elevato profilo di efficienza e di economicità di gestione dei sistemi di servizio e di *welfare* a scala urbana (dal ciclo dei rifiuti al *delivery*, dall'assistenza socio-sanitaria a domicilio ai cicli del "cibo a km zero").

Un terzo fattore riguarda le potenzialità evolutive del particolare taglio tematico proposto: gli effetti maggiori di trasformazioni sistemiche dell'ambiente urbano si articolano tipicamente negli "spazi intermedi", all'interfaccia fra gli edifici e lo spazio pubblico esplicitamente inteso. Riguardano quelle interessanti funzioni di mediazione/integrazione fra pubblico e privato che sono, fra l'altro, portatrici degli aspetti più espliciti e direttamente avvertibili del modo di vita nelle città, che integrano e mediano pubblico e privato, producendo quella "civiltà urbana" che caratterizza i modelli sociali e insediativi europei. Tali spazi, tipicamente gli spazi stradali, del verde e dei servizi di prossimità per gli spazi pubblici, i giardini e la superficie fondiaria non edificata e i piani terreni degli edifici per gli spazi privati, sono già oggetto di normazione nel Codice Civile, nella pianificazione urbanistica e nella regolazione comunale (parcheggi pertinenziali, distacchi dei fabbricati, rapporti di copertura, passi carrabili, normativa sulla piantumazione, recinzioni, accessibilità alle persone disabili, utenze energetiche e dei sottoservizi, raccolta rifiuti, ecc.). Tali normative di settore, venute a formarsi da differenziate necessità di tutela di specifici aspetti della vita collettiva e di regolazione delle attività private,

non sono però ad oggi organizzate per esser rese disponibili e produrre risposte unitarie e organiche alle pressanti necessità di incremento delle capacità di resilienza urbana secondo le pressanti urgenze fissate dalla strategia di Europa 2030 e dei suoi recepimenti nazionali. In particolare, mentre l'evoluzione della normativa edilizia è guidata dai protocolli di Klima-House e l'ambiente urbano nella sua generalità trova adeguati indirizzi nelle esperienze dei Quartieri Verdi e nel sistema di verifica GBC Quartieri (GBC, 2015), gli ambiti di immediata prossimità sono ancora in condizioni di una insufficiente attenzione e indagine scientifico-disciplinare, che focalizzi adeguatamente gli elementi di trasformazione che sono chiamati a concretizzare e le sfide climatiche e sociali a cui rispondere.

Un esempio di scenario

A partire dagli spunti di scenario, lo studio ha provato a immaginare una possibile evoluzione degli spazi *outdoor* in chiave "intelligente". Il primo caso esemplificativo di scenario è rappresentato dall'importanza crescente di "l'ultimo miglio" e, pertanto, all'evoluzione delle tecnologie della logistica e di come le trasformazioni delle abitudini di vita impattano sulle nostre città consolidate. Un recente *report* del *World Economic Forum* (2020) analizza l'impatto che le consegne di pacchi avranno sulle città in termini di aumento di CO₂ e di congestionamento da traffico, proprio nell'ultimo miglio tra deposito e case. Si stima che il numero di veicoli, per le consegne nelle prime 100 città a livello globale, aumenterà del 36% fino al 2030. Di conseguenza, le emissioni del traffico di consegna aumenteranno del 32% e la congestione di oltre il 21%. In questo scenario sono individuate diverse strategie sinergiche che possono portare a una riduzione di effetti collaterali dannosi, e molte di queste interessano le potenziali interazioni che potranno avvenire negli spazi *outdoor* di prossimità delle case, ovvero in quel luogo che potremmo definire l'interfaccia tra il privato (l'edificio) e il pubblico (lo spazio esterno).

Tra le soluzioni delineate quella più pertinente l'ambito di questa ricerca riguarda la creazione di *smart delivery station*, ovvero luoghi di scambio di oggetti supportati da tecnologie di comunicazione e auto apprendimento posti in prossimità dei luoghi di consegna. Queste macchine autonome di ricezione e consegna possono interagire con futuri sistemi di veicoli a guida autonoma, estendendo l'attività nelle ore notturne, così da operare in tempi più brevi senza sovrapporsi al traffico diurno. Questo intervento potrebbe includere un approccio multimarca, in cui i consumatori possono ritirare e restituire i pacchi da diverse società di recapiti, con benefici in termini di ulteriore efficienza complessiva del sistema. In quest'ottica l'integrazione con le tecnologie di analisi avanzata dei dati e IoT (come il *load-pooling* e il "re-instradamento dinamico") potrebbe contribuire a uno scenario complessivo che riduce le emissioni del 10%. Queste macchine devono trovare posto negli spazi di prossimità delle case e adattarsi a delle condizioni urbane molto diverse tra loro. La possibilità di concepire luoghi di scambio multimarca può essere la strada per reperire le risorse necessarie per le città che investono in infrastrutture pronte per il futuro. "L'ultimo miglio", argomento complesso e che coinvolge molte diverse parti interessate dell'ecosistema della città, rappresenta senza dubbio un campo di sperimentazione progettuale futura dell'adattamento/trasformazione di questi spazi *outdoor*.

Conclusione

Il contributo elaborato fin qui restituisce una fase ancora

introduttiva del lavoro verso la definizione di habitat responsivi o *smart*, ossia caratterizzati da approcci interattivi tra le componenti fisiche dell'ambiente urbano *outdoor* in esame (strade, corti, giardini, piazze e parchi di quartiere, ecc.), e tra queste e gli abitanti.

L'obiettivo è garantire una qualità ambientale locale adeguata al controllo e alla mitigazione degli effetti climatici attraverso simulazioni e soluzioni sperimentali, di processo o di prodotto, realizzate con dispositivi disponibili sul mercato, a basso costo e integrabili con tecnologie abilitanti.

Allo stato attuale della ricerca alcuni risultati possono essere ragionevolmente ipotizzati sulla base dell'avvio della seconda fase della ricerca:

- una definizione degli spazi di prossimità con riferimento a un'interpretazione estesa del concetto di accessibilità, secondo le caratteristiche morfologiche dei tessuti urbani della città moderna e contemporanea;
- un quadro di riferimento per l'individuazione delle potenzialità d'uso di questi spazi all'interno dei requisiti sottesi al concetto di *circular city*;
- elementi di scenario per avviare attività di *co-design* e per individuare i fattori di successo nella rigenerazione di questi spazi sia attraverso modalità di "monitoraggio partecipativo" sia con riorganizzazione dei processi progettuali e costruttivi secondo i principi condivisi dalla UE del *Design for Disassembly and Adaptability (DfD/A)*.

La riconfigurazione funzionale ed organizzativa degli spazi outdoor prossimi alle residenze potrebbe forse apparire un aspetto marginale della più ampia sfida della riconversione climatica della città, ma non può sfuggire – e questo rappresenta una delle intuizioni principali della ricerca PRIN *Tech-Start* – la sua valenza estesa in termini di coinvolgimento diretto dei cittadini e di incremento della consapevolezza delle *cose da fare* per amministrazioni e gestori delle reti urbane.

References

- Angelucci, F., Cellucci, C., Di Sivo, M., and Ladiana, D. (2015), "The Measurable and the Real Quality of Life in the City. Urban regeneration as a technological correlation of resources, spaces and inhabitants", *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 67-76.
- Battisti, A., Mussinelli, E., and Rigillo, M. (2020), "Public space and urban quality", *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp.17-23.
- Bratton, B.H. (2016), *The Stack: On Software and Sovereignty*, MIT Press, Boston, MA.
- Castells, M. (2003), *La nascita della società in rete*, Bocconi, Bologna.
- European Commission, Joint Research Centre and DG REGIO (2020), *The Handbook of Sustainable Urban Development Strategies*, Luxemburg.
- Floridi, L. (2017), *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Siragusa, A., Vizcaino M.P. Proietti P., Lavallo C. (2020), *European Handbook for SDG Voluntary Local Reviews*, Publications Office of the European Union.
- World Economic Forum (2020), "The Future of the Last-Mile Ecosystem", available at: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-the-last-mile-ecosystem>.

INVOLUCRO ADATTATIVO SPERIMENTALE PER AMBIENTI ABITATIVI

Nazzareno Viviani¹, Matteo Iommi², Giuseppe Losco³

Abstract

Questa ricerca illustra i risultati di una sperimentazione progettuale per la realizzazione di un modulo abitativo in grado di integrare tecnologie funzionali e componenti edilizi adattivi. Il modulo abitativo è caratterizzato da criteri di autoconstruzione, modularità e altissima efficienza energetica attraverso un involucro innovativo di tipo adattivo in grado di regolare la trasmissione del calore.

In tutte le fasi di progettazione, dai singoli elementi al modulo i materiali sono stati testati con software per validare le scelte a livello energetico, in varie situazioni climatiche.

Keywords: Flessibilità, Autoconstruzione, Involucro adattativo, Materiali a cambiamento di fase

¹ SAAD - Scuola di Architettura e Design E. Vittoria, Università di Camerino, nazzareno.viviani@unicam.it

² SAAD - Scuola di Architettura e Design E. Vittoria, Università di Camerino, matteo.iommi@unicam.it

³ SAAD - Scuola di Architettura e Design E. Vittoria, Università di Camerino, giuseppe.losco@unicam.it



Fig. 1

Introduzione

Negli ultimi anni lo sviluppo del controllo degli impianti nell'edilizia, tramite la domotica, ha fornito l'opportunità all'utenza di regolare il comfort all'interno degli edifici, relegando l'involucro a solo elemento con funzioni di chiusura e barriera termica e acustica.

L'introduzione, nella progettazione degli involucri, di materiali innovativi, provenienti da altri settori scientifici e industriali, ha fatto sì che, attraverso il loro utilizzo, si ampliassero le funzioni dell'involucro tramite un approccio dinamico e di autocontrollo tra le condizioni ambientali esterne ed il comfort degli utenti all'interno.

Uno degli obiettivi della sperimentazione progettuale del modulo abitativo è stato lo sviluppo di un involucro di tipo adattivo, capace di variare il proprio comportamento prestazionale in modo dinamico ed in contesti climatici diversi grazie all'uso di tecnologie e materiali di nuova generazione.

Il modulo abitativo (Fig. 1) propone un involucro edilizio caratterizzato da una profonda costruttiva con le tecnologie costruttive di prototipazione rapida e materiali innovativi, superando il criterio di semplice addizione e implementazione di singoli componenti (Andersen et al., 2008).

La ricerca ha inteso dimostrare la fattibilità dell'utilizzo di tali tecnologie e materiali anche in processi costruttivi diversi, come l'autocostruzione e l'auto produzione, al fine di una maggiore velocità esecutiva e di una altrettanto "efficienza energetica".

Metodologia

La fase analitica della ricerca, per gli aspetti di configurazione interni al modulo abitativo, ha previsto una classificazione degli standard abitativi e la verifica della funzionalità e fruibilità, in termini di individuazione delle criticità, in funzione dei profili di utilizzo *for all*. Il piano dei requisiti e delle prestazioni è stato quindi relazionato agli spazi e alle caratteristiche degli ambienti residenziali domestici.

La metodologia per la progettazione dell'involucro ha seguito un approccio di tipo integrato, dove risorse e requisiti di varia natura, sono stati analizzati per lo sviluppo e la valutazione del progetto. Sono state prese in considerazione le condizioni principali da soddisfare: variabilità degli scenari di utilizzo, adattabilità e flessibilità degli spazi, rapidità di produzione e costruzione, aggiornamento e adeguamento, trasformabilità e reversibilità, autosufficienza energetica, livelli di *comfort* ambientale personalizzabili, integrazione tra impianti, struttura ed involucro.

Tali informazioni hanno costituito i punti di partenza per la

soluzione progettuale, trasferite sia nel progetto architettonico del modulo abitativo, sia nel progetto costruttivo-tecnologico di dettaglio dell'involucro edilizio e dei suoi componenti, fino a guidare la selezione delle soluzioni impiantistiche più appropriate.

Analisi energetiche e simulazioni in diverse condizioni climatiche e con diverse configurazioni stratigrafiche dei materiali, sono state eseguite per valutare l'efficienza energetica ed il comfort ambientale interno. Sono state apportate modifiche sulle tipologie e gli spessori dei materiali fino a quando le prestazioni termiche del sistema a parete non hanno soddisfatto i requisiti richiesti dagli standard di costruzione di energia quasi zero in Italia.

Nearly Zero Energy Building (nZEB) è stato introdotto dalla direttiva EPBD (2010/31/EU) ed è stata recepita in Italia con la legge n. 90/2013.

Lo *standard* Europeo per la fascia climatica Italiana prevede la verifica del rispetto delle condizioni in riferimento ai parametri, indici ed efficienze energetiche minime richieste. Lo standard nazionale è stato recepito dal D.M. 26.06.2015 e prevede oltre all'implementazione delle fonti rinnovabili, l'inclusione di altri requisiti minimi riguardanti, prestazioni e scambi termici, l'area solare equivalente estiva, i limiti di trasmittanza e i rendimenti degli impianti.

Infine, la soluzione complessiva è stata valutata attraverso analisi energetiche tramite *software* in diverse fasce climatiche nazionali, relativamente alle rispondenze con gli obiettivi prefissati, attraverso verifiche circa la funzionalità interna, le analisi termiche di dettaglio su singoli elementi edilizi, le simulazioni termiche globali del modulo abitativo e la possibilità di sviluppare il modulo abitativo in aggregazioni.

Progetto di un involucro adattativo sperimentale

La prototipazione virtuale della cellula abitativa progettata per creare un habitat responsivo alle condizioni interne ed esterne, è costituito da un sistema di auto produzione attraverso macchine a controllo numerico e autocostruzione, tramite elementi che si possono assemblare a secco, ricavati dalla fresatura di pannelli standard in legno.

Il modulo abitativo si sviluppa su una pianta a base quadrata di 7 metri per un'altezza di 3,40 m ed è suddiviso in quattro ambienti: zona cucina-pranzo, soggiorno, camera e bagno, dove è collocato lo spazio di un cavedio tecnico, suddivisibili attraverso pareti scorrevoli per consentire la riconfigurazione gli interni a seconda delle esigenze dell'utenza.

L'involucro adattativo proposto, è stato progettato con un sistema di parete a secco modulare in legno, che include ma-



Fig. 2



teriali “termo attivabili” meglio conosciuti come *energy harvesting materials*, che può assumere due diverse configurazioni per adattarsi meglio alle diverse condizioni climatiche e fornire prestazioni energetiche efficaci (Hasselaar and Looman, 2007).

I materiali, le dimensioni degli elementi e le tecniche del processo costruttivo sono stati selezionati e valutati per consentire la produzione in ambiti non necessariamente legati ad una industrializzazione edilizia spinta ma per facilitare l’assemblaggio in termini di l’autocostruzione.

La parete verticale esterna è costituita da elementi bidimensionali in legno assemblati a secco a formare una struttura tridimensionale scatolare resistente per forma. Tali moduli sono ricavati dal taglio laser di pannelli di compensato marino multistrato di 25 mm di spessore.

Il sistema di assemblaggio a secco è stato semplificato, consentendo il montaggio e lo smontaggio per il monitoraggio e l’adeguamento degli elementi interni, con l’aiuto di utensili comuni.

Nell’intercapedine dell’elemento tridimensionale sono collocati materiali “super-isolanti” e “termo attivabili” (Fig. 2).

I materiali super-isolanti hanno la particolarità di avere una conduttività generalmente inferiore a 0,015 W/mK, grazie alla rimozione al loro interno del gas attraverso il trattamento del sottovuoto. Nel caso in esame si è utilizzato un *vacuum insulation panel* (VIP) con all’interno un Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS).

Il materiale termo attivabile invece, utilizzato è quello della paraffina incapsulata all’interno di un contenitore plastico rigido. Tale materiale ha la proprietà di cambiare il proprio stato fisico in funzione della temperatura, da liquido a solido e viceversa. Durante questo processo l’energia “catturata” dall’ambiente viene immagazzinata all’interno del materiale e rilasciata durante il cambio di stato fisico, garantendo una stabilità della temperatura per diverse ore.

La scelta di questi materiali è dovuta alle prestazioni ricercate di: leggerezza, facilità di montaggio e alte prestazioni energetiche.

Questi tipi di materiali sono in grado di fornire prestazioni

termiche di isolamento e assorbimento, senza le caratteristiche fisiche tradizionali come peso e spessore.

Il primo tipo di beneficio è sicuramente la riduzione della dispersione termica con relativo contenimento di calore ed energia. Il secondo tipo di beneficio è sicuramente la riduzione degli scambi di calore durante l’oscillazione della temperatura di 24 ore.

Le temperature di lavoro ipotizzate (nel periodo invernale di 5,5 °C per la superficie esterna e 18 °C per le superfici interne, nel periodo estivo di 49 °C per la superficie esterna verticale esposta alla radiazione diretta, 30 °C per la superficie esterna verticale in ombra, 72 °C per la superficie orizzontale superiore, 26 °C e esterna per le superfici interne) per il modulo abitativo giustificano il diverso comportamento che i singoli strati di materiali assumono per attivare i meccanismi di cessione, assorbimento e trasporto di calore da un punto all’altro dello spessore dell’involucro.

All’interno dei due pannelli in legno, che costituiscono l’elemento tridimensionale della parete, si trovano gli strati dei seguenti materiali: a contatto con la parete esterna, il materiale a cambiamento di fase (*Phase Change Materials* – PCM solido/liquido) costituito da elementi preconfezionati in HDPE, al cui interno vi è il nucleo del materiale PCM vero e proprio, un foglio di barriera al vapore, l’isolante in lana di legno e un’intercapedine d’aria utilizzata sia per eventuali aumenti di spessore dei materiali termici, in caso di adeguamento, sia per il passaggio degli impianti (Fig. 3).

Per correggere i ponti termici che si creano nell’unione tra i moduli tridimensionali, sono stati utilizzati materiali isolanti sotto vuoto *Vacuum Insulation Materials* di tipo laminato e di tipo incapsulato per l’isolamento all’interno delle partizioni orizzontali dei solai. Si tratta di lastre di spessore non superiore a 20 mm, la cui conducibilità media varia da un minimo di 0,04 W/mK per il tipo laminato (lavorabile mediante taglio diretto) e giunge nel caso dei moduli “incapsulati” al valore certificato di 0,008 W/mK,

Gli spessori e le dimensioni dei materiali sopra elencati, determinano il trasferimento di calore all’interno del modulo abi-

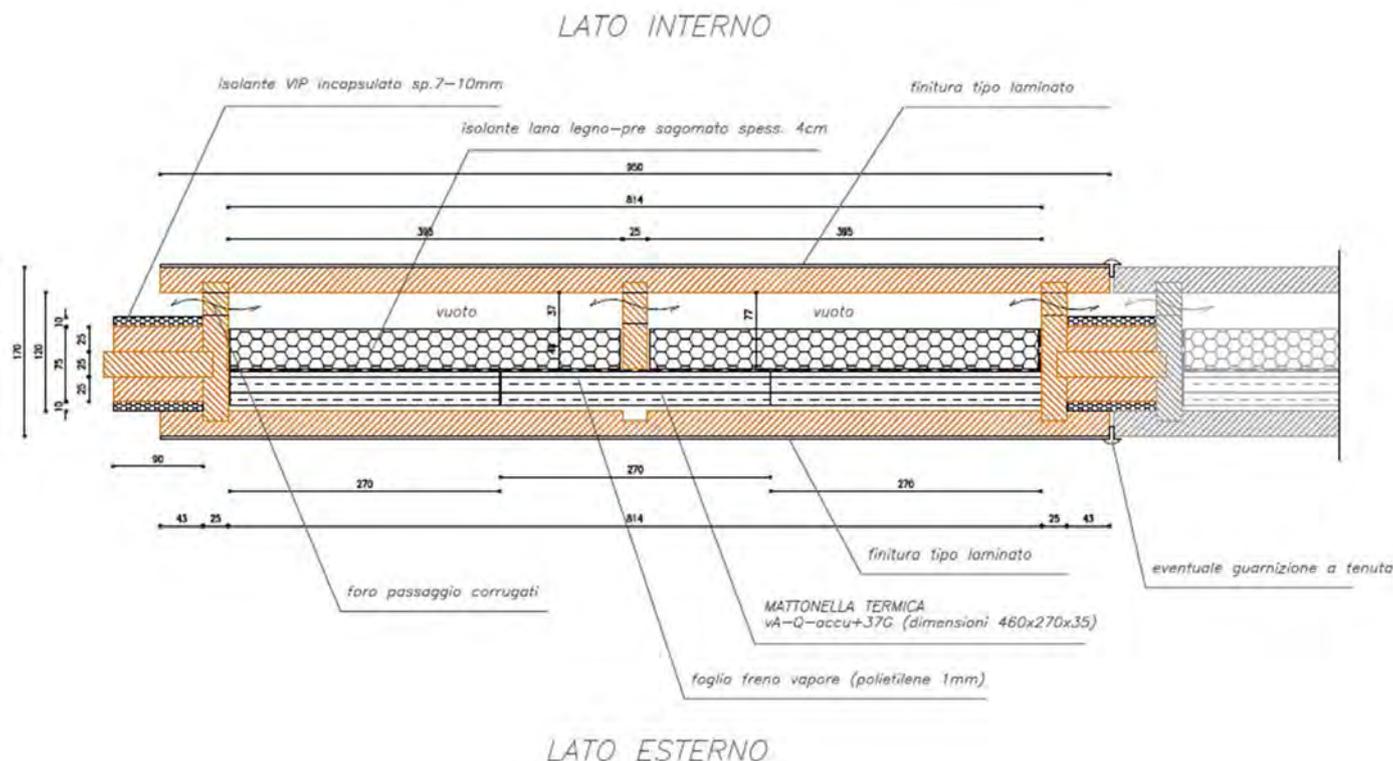


Fig. 3

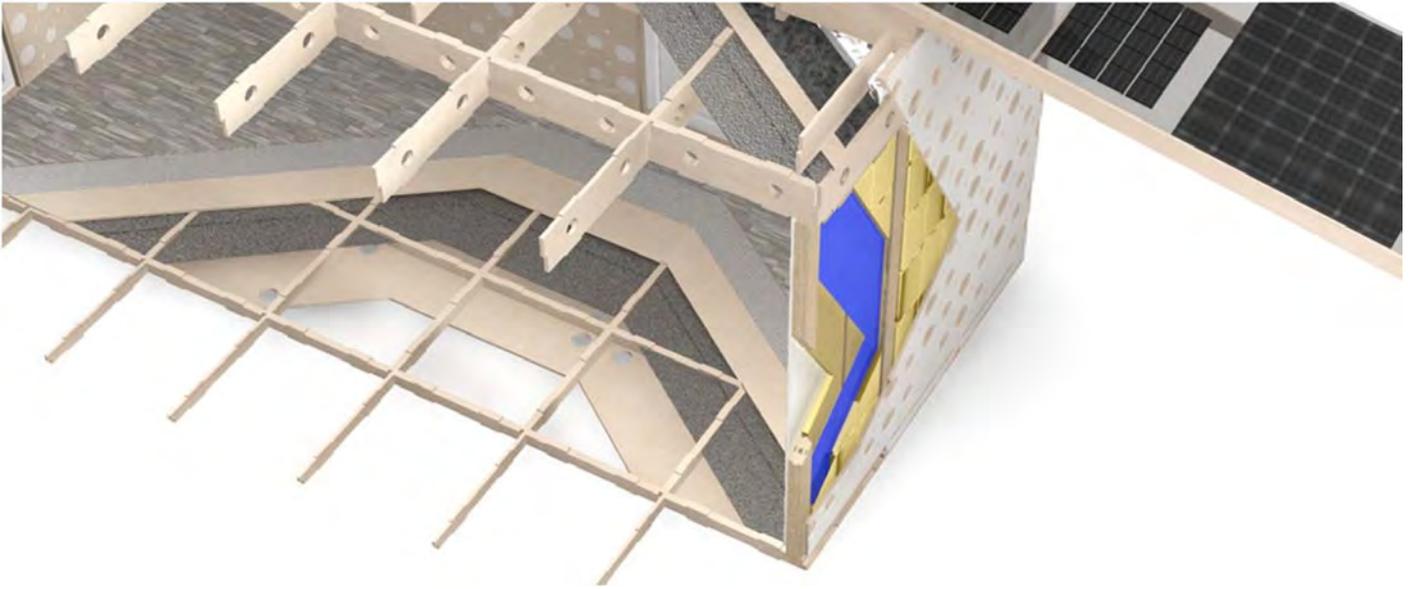


Fig. 4

tativo, che dipende dalla quantità di materiale coinvolto nello scambio. Si è deciso di impiegare elementi PCM prismatici di dimensioni 470 x 275 x 35 mm da inserire nello spazio della cavità esposto verso la superficie esterna del componente di facciata verticale ed isolato posteriormente con uno strato di isolante convenzionale (lana legno da 35 ÷ 40mm).

La flessibilità del metodo di assemblaggio ha reso possibile utilizzare lo stesso criterio costruttivo anche per il solaio calpestabile e di copertura, che sono costituiti da moduli di 1 m x 1 m realizzati con gli stessi pannelli in legno a formare una piastra a nervature incrociate, avente spessore complessivo di 305 mm in grado di contenere un'intercapedine per gli impianti (Fig. 4). In particolar modo il materiale isolante usato all'interno dell'elemento tridimensionale a terra e a soffitto risulta essere il VIP. Nell'elemento di copertura è stato installato inoltre, un tetto verde estensivo posato su appositi moduli in materiale isolante plastico per il drenaggio idrico e la formazione delle pendenze, che integra la massa termica per ridurre l'apporto di calore nel periodo estivo.

Simulato il comportamento energetico annuale del modulo, si sono individuati e dimensionati i sistemi impiantistici, capaci di coprire il minimo fabbisogno di energia occorrente. Gli impianti previsti sono: un impianto di ventilazione meccanica controllata con unità di recupero di calore e filtraggio posto nell'intercapedine della struttura della copertura, un impianto di depurazione dell'acqua piovana posto nel cavedio e un impianto radiante elettrico a pavimento. Le uniche fonti di energia sono costituite da un impianto fotovoltaico (29,36 kWh/anno) che carica due batterie di accumulo e un impianto solare termico in grado di coprire il fabbisogno energetico globale del modulo abitativo, rendendo l'abitazione energeticamente autonoma e a energia quasi zero.

Infine, il modulo abitativo, grazie al criterio di modularità con cui è realizzato, può essere riprodotto ed esteso a formare aggregazioni di più moduli.

Simulazioni e risultati

La valutazione delle prestazioni termiche del modulo abitativo hanno riguardato l'involucro, in particolare le pareti con diverse simulazioni in condizioni dinamiche e stazionarie (Favoino et al., 2014). Le simulazioni hanno fornito uno studio dettagliato delle prestazioni termoigrometriche del sistema di

chiusura verticale opaco oltre che dei nodi: solaio-parete e copertura-parete.

Una prima serie di analisi ha permesso di stimare le principali prestazioni con i seguenti risultati: trasmittanza termica stazionaria 0,163 W/m²K, ammettenza 1,214 W/m²K in inverno e 1,178 W/m²K in estate, fattore di attenuazione termica 0,242 in inverno e 0,164 in estate, fattore di sfasamento termico 11,56 h in inverno e 13,42 h in estate che esprimono un comportamento termico estremamente efficiente sia in termini di isolamento che di inerzia termica.

Al fine di consentire simulazioni dei flussi termici in regime dinamico, sono stati impiegati i dati climatici della città di Ascoli Piceno. A partire dai dati orari meteorologici, è stato valutato il comportamento complessivo della parete e dei singoli materiali. Lo studio è stato condotto in un regime di propagazione monodirezionale, sufficiente a descrivere il comportamento della parete, analizzato attraverso un calcolo degli elementi finiti (Jayathissa et al., 2015), la cui precisione può essere controllata dall'utente attraverso la discretizzazione degli spessori di ogni singolo strato di materiale.

Le simulazioni dei flussi termici hanno evidenziato che la faccia interna della parete, durante l'anno, è debolmente sollecitata dalle variazioni termiche esterne con assenza di rischio di condensa superficiale. All'interno, il telaio di irrigidimento non produce ponti termici rilevanti, con lievi incrementi dei flussi termici. In media, il flusso di calore è basso, pari a circa 3,0 W/m.

Le simulazioni condotte hanno verificato il funzionamento del materiale PCM che raggiunge la temperatura di fusione tra 10°C e 15°C, condizione che consente di "attivare" il materiale sia nel periodo freddo che nel periodo estivo assorbendo calore esterno senza trasmetterlo agli strati interni (Fig. 5).

Lo studio della parete è proseguito con la valutazione dei nodi: solaio-parete e copertura-parete in cui si verifica la presenza di un aumento della dispersione e del calore per effetto della presenza di montanti strutturali in legno (Fig. 6).

L'impiego di materiale isolante VIP ha permesso di ottenere risultati ottimali anche in tali porzioni.

Le simulazioni hanno restituito, in condizioni dinamiche invernali, una temperatura interna di circa 18°C lungo i bordi interni, garantendo inoltre l'assenza di fenomeni di alterazioni fisiche e chimiche nello strato centrale del materiale e quindi l'assenza di condense. Verso l'esterno i nodi sono a una tem-

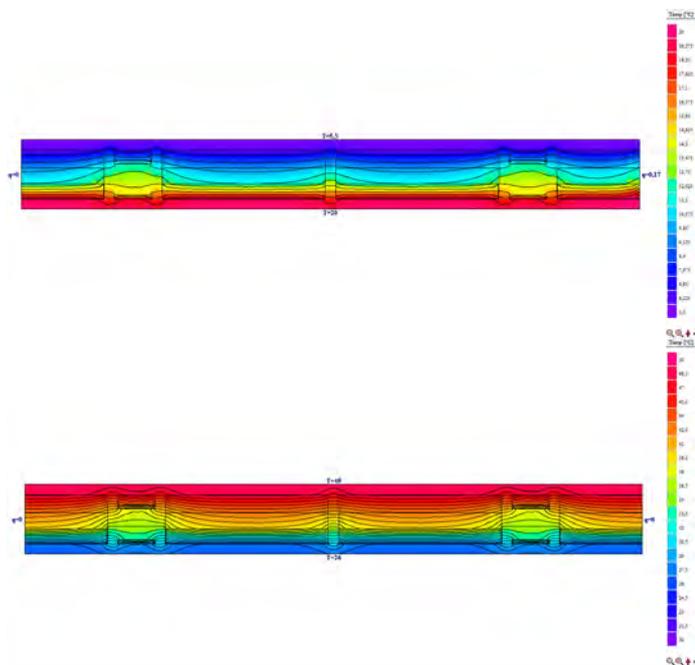


Fig. 5

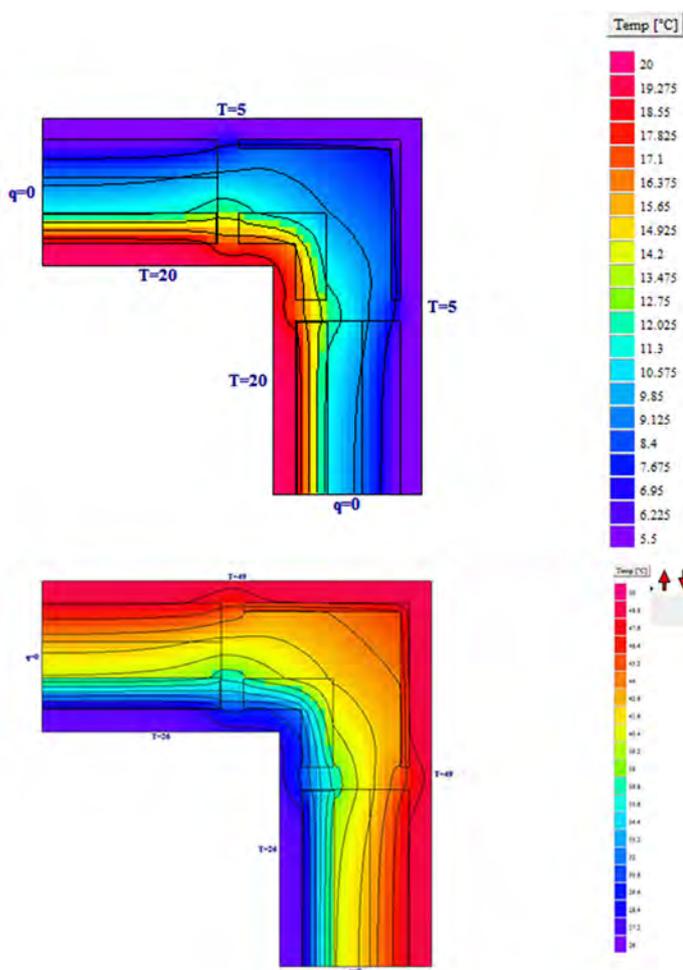


Fig. 6

peratura circa di $8 \div 10^{\circ}\text{C}$, anche in assenza di rivestimenti protettivi. Lo studio del flusso termico nell'angolo della struttura non mostra un aumento particolarmente elevato delle dispersioni e il valore medio di trasmittanza rimane di circa $0,262 \text{ W/m}^2\text{K}$ anche in corrispondenza degli elementi lignei. Le simulazioni prodotte hanno restituito risultati su: l'andamento della temperatura, il contenuto di umidità e il flusso di calore totale nel mese più freddo, Gennaio e più caldo Luglio.

I risultati evidenziano che il comportamento del materiale PCM nel periodo freddo, con una temperatura del materiale che non scende mai sotto i 10°C , mentre nel periodo caldo questo materiale mantiene una temperatura tra 23°C e 35°C . Questi ultimi valori di temperatura del materiale PCM corrispondono al *range* ideale di funzionamento del materiale al fine di mitigare le oscillazioni termiche del componente di involucro dell'edificio assemblato (Pielichowska and Pielichowski, 2014).

Per il contenuto e l'accumulo di vapore acqueo, la presenza del PCM limita le oscillazioni del contenuto igrometrico, mantenendo lo strato isolante in lana di legno a un contenuto di umidità tra $0,6 \text{ kg/m}^2$ e $0,8 \text{ kg/m}^2$, valori compatibili con le caratteristiche di conduttività termica stabile in tutti i periodi dell'anno.

Ciò significa che il sistema di parete non risente eccessivamente delle oscillazioni termiche e igrometriche dovute alle sollecitazioni dell'ambiente esterno (De Gacia et al., 2015). Il flusso di calore specifico attraverso la parete è stato calcolato in riferimento alle reali condizioni di temperature superficiali dovute sia all'effetto termico sia all'assorbimento della radiazione solare incidente che è stata valutata nell'ipotesi di un'esposizione a sud, avente un colore scuro medio con coefficiente di assorbimento solare pari a $0,77$. I risultati dell'analisi dei flussi di calore mostrano valori medi diurni pari a $10 \div 15 \text{ W/m}^2$ e valori medi notturni pari a $25 \div 35 \text{ W/m}^2$, evidenziando scambi termici complessivi piuttosto ridotti.

Discussione e conclusioni

In questo studio è stato descritto un progetto sperimentale di involucro, costituito da pareti reattive, evidenziando le caratteristiche tecnologiche e termiche. Relativamente all'aspetto costruttivo e tecnologico è possibile affermare che la soluzione di parete proposta, è in grado di offrire alcuni vantaggi in termini di costi e impatti ambientali, grazie a: materiali utilizzati, processi di produzione e assemblaggio, che ne rende possibile il riutilizzo o riciclaggio a fine vita.

In riferimento all'aspetto termico-energetico, le principali caratteristiche sono rappresentate dalla capacità di modificare il suo comportamento termo-fisico e dalla possibilità di adattare gli strati interni al fine di soddisfare le diverse esigenze termiche e trarre vantaggio dal materiale di tipo adattivo contenuto.

I risultati ottenuti sull'isolamento termico e sulla capacità termica, mostrano prestazioni complessive efficienti, con ottime prestazioni sui ponti termici, che sono uno degli aspetti critici per i sistemi costruttivi a secco in legno.

Il comportamento termico del sistema di parete, grazie a valori $U:0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$ e valori $Y_{ei}:0,027 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$, può essere considerato eccellente, anche secondo la standard italiano per gli edifici a energia quasi zero. Allo stesso tempo, la presenza di materiale PCM fornisce una buona inerzia termica pur con una massa ridotta. La capacità di accumulo del calore è considerevolmente efficace, considerando lo spessore della parete e il suo peso con coefficienti di capacità termica che variano da: $16,3 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ a $17,6 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.

Si evidenziano alcuni limiti e miglioramenti possibili, si rileva che il rivestimento esterno previsto in compensato marino è un elemento critico per i flussi di calore, migliorabile con materiali di protezione. La durabilità della parete e la sua manutenibilità è quasi sconosciuta. Saranno necessarie ulteriori analisi e simulazioni con diverse condizioni al contorno o considerando fenomeni di calore convettivo anche in virtù di ulteriori tecnologie e strategie applicabili, oltre ad eventuali simulazioni per valutare le prestazioni acustiche e di tenuta all'aria. Infine, è pos-

sibile supporre che solo un prototipo reale possa permettere di valutare e verificare le reali prestazioni del sistema progettato.

References

- International Energy Agency (2008), Annex 44: Integrating responsive building elements in buildings, I.E.A., St. Albans
- De Gacia, A., Navarro, L. and Castell, A. (2015), "Energy performance of a ventilated double skin facade with PCM under different climates", *Energy and Buildings*, vol. 91, pp. 37-42.
- Favoino, F., Goia, F., Perino, M. and Serra, V. (2014), "Experimental assessment of the energy performance of an advanced responsive multifunctional façade module", in *Energy and Buildings*, vol. 68, part B, pp. 647-659.
- Hasselaar, B. and Looman, R. (2007), "The climate adaptive skin. The integral solution to the conflict of comfort and energy performance", *Construction for Development*, proceedings of the 17th CIB World Building Congress, Cape Town, May 14 - 17, 2007, Construction Industry Development Board, pp. 1111-1125.
- Jayathissa, P., Nagy, Z., Offedu, N. and Schlueter, A. (2015), "Numerical simulation of energy performance and construction of the adaptive solar façade", *Advanced Building Skin*, proceedings of the International Conference on Building Envelope Design and Technology, Graz, April 23-24, 2015, Technical University of Graz, Graz, pp.47-56.
- Pielichowska, K. and Pielichowski, K. (2014), "Phase change materials for thermal energy storage", *Progress in material science*, vol. 65, pp. 67-123.

Fig. 1 - Vista della cellula abitativa con il tetto fotovoltaico. Elaborazione degli autori

Fig. 2 - Alcuni dei materiali selezionati per la ricerca (VIP, PCM). Fonte: <https://www.nordtex.it/pannelli-sottovuoto-vacum/>

Fig 3 - Particolare del pannello modulare opaco verticale. Vista in pianta. Elaborazione degli autori

Fig. 4 - Vista dell'esploso assometrico con i componenti dell'involucro. Elaborazione degli autori

Fig. 5 - Analisi dei flussi termici della parete verticale. In alto comportamento invernale in basso comportamento estivo. Elaborazione degli autori

Fig. 6 - Analisi dei flussi termici angolo della parete verticale. In alto comportamento invernale, in basso comportamento estivo. Elaborazione degli autori

DALL'HABITAT RESPONSIVO ALL'HABITAT COMPORTAMENTALE

Andrea Tartaglia¹, Joseph di Pasquale², Giovanni Castaldo³

Abstract

Behaviour change e innovazione digitale sono temi centrali nel dibattito contemporaneo sulla rigenerazione delle città e dei sistemi edilizi. L'implementazione di soluzioni integrate nella progettazione, costruzione e gestione degli edifici e degli spazi aperti ad essi connessi permette di far evolvere gli habitat responsivi in habitat comportamentali in cui uomo e ambiente, elementi perno per regolare il funzionamento del sistema edificio-impianti, ne influenzano le prestazioni e ne sono a loro volta influenzati in un processo di miglioramento reciproco e continuo lungo l'intero ciclo di vita.

Keywords: Human behaviour, Habitat comportamentale, ICT, Servizi abitativi, Sistema edificio/impianti/utente

¹ D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, andrea.tartaglia@polimi.it.

² D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, joseph.dipasquale@polimi.it.

³ D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, giovanni.castaldo@polimi.it

Scenari evolutivi e nuovi paradigmi

La società contemporanea evidenzia l'emergere di nuove domande e modelli comportamentali e relazionali che stanno producendo una significativa spinta all'innovazione anche in un settore tradizionalmente "statico" quale quello delle costruzioni.

Tale spinta è generata da molteplici fattori tra loro interrelati: da un lato l'individualizzazione della società, largamente studiata dalle scienze sociali attraverso teorie anche controverse di autori come Zygmunt Bauman, Ulrich Beck e Anthony Giddens, che mette in luce diverse implicazioni in termini sociali, ma anche economici, lavorativi e culturali. Dall'altro lo sviluppo di forme di consumo (e ora anche di produzione) collaborativo insite nei nuovi modelli della *sharing economy*, che aprono a interessanti scenari evolutivi e trovano nuove opportunità nel parallelo sviluppo tecnologico. A tutto ciò si aggiungano le tendenze demografiche, con il persistere dei fenomeni di urbanizzazione, la crisi ambientale e gli effetti del *climate change*, elementi che a loro volta impattano sia sul mercato delle costruzioni, sia sui settori industriali direttamente e indirettamente legati alla produzione edilizia, ai servizi e alla gestione immobiliare (Mussinelli et al., 2017). Un quadro complesso, che segna la crisi dei tradizionali modelli di management dei processi costruttivi e del *real estate*, sempre più in difficoltà nell'incrociare la domanda sia in termini prestazionali che economici.

Certamente l'innalzamento degli standard di qualità ambientale, da misurarsi lungo l'intero ciclo di vita dei manufatti, accentua in modo crescente le incongruenze tra le prestazioni teoriche degli edifici definite in fase di progetto e quelle effettive riscontrate in fase d'uso (Stazi & Naspi, 2018), mostrando differenze sostanziali che arrivano anche a raddoppiare i consumi – e i costi – rispetto alle previsioni (Lehmann et al., 2017). È però significativo registrare come il tradizionale prodotto edilizio – l'edificio d'abitazione – stia perdendo attrattività nei confronti di un'utenza sempre meno stanziale nel lungo periodo, che ricerca servizi di *livability* in ragione di variabili quadri esigenziali.

I due versanti, quello delle prestazioni e dei servizi erogati dall'edificio all'utente e quello di un più corretto uso delle risorse ambientali necessarie al funzionamento degli immobili, pur rappresentando temi a prima vista difficilmente conciliabili, possono invece essere ricondotti sinergicamente a una nuova visione unitaria di carattere progettuale, costruttivo e gestionale,

soprattutto grazie all'impiego delle nuove tecnologie.

Interazione edificio-utente e tema ambientale

L'approccio attualmente più diffuso alla riduzione degli impatti ambientali generati dagli edifici si concentra prevalentemente sulla riduzione dei consumi in fase d'uso, attraverso soluzioni sia passive sia attive di creazione di *habitat* responsivi. Infatti, pur essendo ormai condivisa sul piano degli avanzamenti scientifici l'esigenza di valutazioni estese all'intero ciclo di vita dei manufatti, la realtà della produzione evidenzia il permanere di visioni e prassi ancora parziali. L'analisi della letteratura scientifica riferita ai temi del LCA mette in luce come alla più elevata efficienza energetica degli edifici corrisponda spesso un aumento dell'energia grigia in essi incorporata derivante dal carico aggiuntivo di materiali necessari per il miglioramento delle prestazioni in fase d'uso (Ghattas et al., 2016). Anche le principali verifiche sia normative che di certificazione inerenti al tema energetico ancora oggi si focalizzano principalmente sulla fase d'uso, non affrontando in modo sistematico il tema degli interventi di manutenzione – anche di carattere straordinario – a cui ciclicamente gli edifici o parte di essi sono normalmente soggetti.

L'elevata efficienza energetica degli edifici definita in fase di progetto si deve poi confrontare con il comportamento degli utenti. Lo sviluppo di modelli predittivi, sia alla scala del singolo manufatto che a quella urbana, consente oggi di contemplare correttamente il comportamento degli utenti per contenere il così detto *performance gap* riscontrabile tra obiettivi di progetto e rilevazioni in fase d'uso (Happle et al., 2018). È inoltre possibile comprendere meglio gli elementi che governano le scelte e i comportamenti degli utenti nell'uso e nella gestione degli spazi e delle dotazioni tecnologiche in essi presenti utilizzando le conoscenze derivate anche dalle scienze sociali, per trasferirle nell'ambito della gestione energetica degli edifici. Queste conoscenze possono completare le basi di dati derivanti dall'integrazione di soluzioni ICT negli edifici. Le informazioni sulla posizione degli occupanti nei diversi ambienti di un edificio, ad esempio, forniscono la possibilità di tarare il controllo ambientale a livello del singolo utente.

L'insieme di nuovi modelli predittivi e di tecnologie per il controllo attivo delle componenti ambientali negli edifici ha così

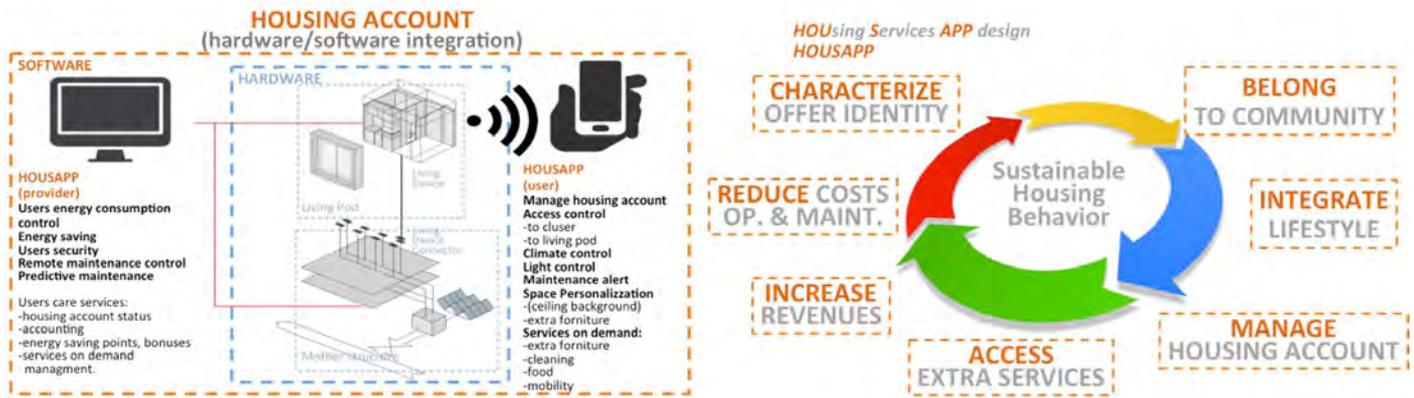


Fig. 1

permesso, soprattutto in interventi a destinazione terziaria, di realizzare ambienti responsivi che ottimizzano l'uso delle risorse energetiche rispetto alle necessità effettive degli utenti che fruiscono tali spazi. Tuttavia, si tratta di modelli prevalentemente monodirezionali, che si concentrano soprattutto sulle componenti tecnologiche che consentono di assecondare e, talvolta, vincolare il comportamento degli utenti.

Le ricerche scientifiche evidenziano però come, con riferimento all'uso dell'energia negli edifici, la dimensione umana debba assumere una rilevanza equiparabile a quella dei contenuti tecnologici (D'Oca et al., 2018), come condizione per ottenere esiti significativamente migliori rispetto a quelli normalmente misurati.

Nuovi servizi. Verso un habitat comportamentale

Un'ulteriore criticità è legata alle caratteristiche della domanda, con quadri esigenziali sempre più mutevoli e articolati, sia rispetto a servizi di supporto all'abitare che con riferimento alle interazioni di carattere sociale. Una domanda che ancora non trova riscontri nell'attuale offerta del mercato.

Concentrando l'attenzione sul tema della residenzialità, emerge che «le risposte non possono più limitarsi a soluzioni caratterizzate di alloggio, ma presuppongono un sistema articolato di servizi in grado di dare risposte a specifici bisogni sociali. Non si tratta quindi di un semplice problema di innovazione tipologica ma diventa importante la 'scala' dell'intervento e riflettere su sistemi edilizi in grado di rispondere a molteplici esigenze e di ospitare funzioni complesse» (Tartaglia, 2012).

In realtà il mercato immobiliare e del *real estate* ha già iniziato a sviluppare modelli operativi e gestionali per adeguarsi a queste nuove esigenze; si tratta di modelli nei quali l'operatore tradizionale lascia il passo a configurazioni aziendali più simili a quelle delle così dette *new economy* e *sharing economy*. L'ambito di interesse si sposta dalla costruzione e vendita del bene edilizio verso la gestione e l'erogazione di servizi abitativi, con

l'obiettivo di fornire risposte più flessibili e articolate, in coerenza con i nuovi stili di vita e di lavoro. La rapida crescita degli spazi di co-working e co-living è proprio espressione di queste nuove tendenze (Di Pasquale, 2019).

Behaviour change e innovazione digitale rappresentano temi centrali nel dibattito contemporaneo sulla rigenerazione delle città e dei sistemi edilizi. L'implementazione di soluzioni integrate (tecniche costruttive, piattaforme digitali, IOT, 5G, realtà aumentata, ecc.) per la nuova domanda abitativa è già presente. Il necessario passo successivo è la concretizzazione di un modello interattivo efficace non solo in termini di riduzione delle discrasie tra prestazioni teoriche e reali, ma anche per migliorare ulteriormente gli standard di riferimento in termini ambientali e di qualità dei servizi. È proprio questa la dimensione che è stata esplorata nella ricerca, con l'obiettivo di sperimentarla ed efficientarla nell'ambito di nuovi modelli abitativi, e negli spazi pubblici – anche aperti – ad essi connessi. A partire dai presupposti qui sinteticamente richiamati, è stata sviluppata un'articolata proposta metodologica, costruttiva e gestionale che – supportata anche da aziende private – mira a ottenere una piena interazione del sistema edificio/impianti/utente.

Finalità del progetto è infatti la definizione di un modello innovativo di "habitat comportamentale"¹, vale a dire un *habitat* nel quale l'essere umano e l'ambiente sono gli elementi perno che regolano il funzionamento del sistema edificio-impianti, influenzandone le prestazioni ed essendone a loro volta influenzati, in un processo di miglioramento reciproco e continuo lungo l'intero ciclo di vita dell'insieme progettato.

La prima fase della ricerca ha riguardato l'identificazione delle più adeguate soluzioni tecnico-costruttive – derivate da esperienze di ricerca con imprese operanti nel settore delle costruzioni², della gestione immobiliare³ e dell'ICT⁴ –, utili alla realizzazione di habitat non solo responsivi, ma anche caratterizzati da una piena interazione del sistema edificio/impianti/utente.

È stata così sviluppata una soluzione tecno-tipologica, sotto-

1 Per "habitat comportamentale" gli autori del testo intendono un habitat in continua evoluzione incentrato e definito intorno ai comportamenti e alle esigenze degli utenti ma, in coerenza con una visione ecosistemica, in cui lo stesso habitat è in grado di modificare, migliorandoli, i comportamenti stessi in un processo virtuoso di miglioramento reciproco continuo. In questo senso anche gli utenti sono parte integrante dell'habitat, come in un sistema ecologico.

2 Tali attività sono esito della ricerca dottorale "Hybrid modular architecture: a strategic framework of building innovation for emerging housing behaviors in urban contexts" di Joseph di Pasquale con tutor Elena Mussinelli e supervisor Andrea Tartaglia. Ricerca sviluppata grazie non solo al cofinanziamento di una borsa di studio da parte di significativi stakeholder (Gewiss S.p.A. per l'impiantistica elettrica, Valsir S.p.A. per l'impiantistica idrosanitaria e meccanica e Progress S.p.A. per la prefabbricazione avanzata in calcestruzzo) ma anche alla loro diretta partecipazione in seminari e workshop che hanno visto coinvolti e messi a confronto i responsabili del settore ricerca e innovazione di queste aziende.

3 Tale collaborazione è stata attuata attraverso una convenzione quadro per la ricerca tra Dipartimento ABC – Politecnico di Milano e DoveVivo S.p.A..

4 Gli aspetti inerenti all'integrazione tra soluzioni costruttive, sensoristica e tecnologie ICT, sono state sviluppate grazie alla ricerca «Co-Living per l'elaborazione di un meta-progetto, completo di quadro esigenziale con individuazione dei requisiti funzionali e prestazionali in termini di servizi e di tecnologia, relativo ad una soluzione tecno-tipologica innovativa e alla relativa APP di gestione (utente/gestore) per un edificio destinato ad erogare servizi abitativi ad un'utenza temporanea in una logica di co-living». Ricerca finanziata da Siemens S.p.A. con contratto di ricerca con Fondazione Politecnico di Milano. Il gruppo di lavoro ha visto coinvolti, oltre a Joseph di Pasquale, Elena Mussinelli e Andrea Tartaglia per il Dipartimento ABC, anche il Gianpaolo Cugola per il Dipartimento DEIB e Roberto Mandurino consulente per le componenti impiantistiche.

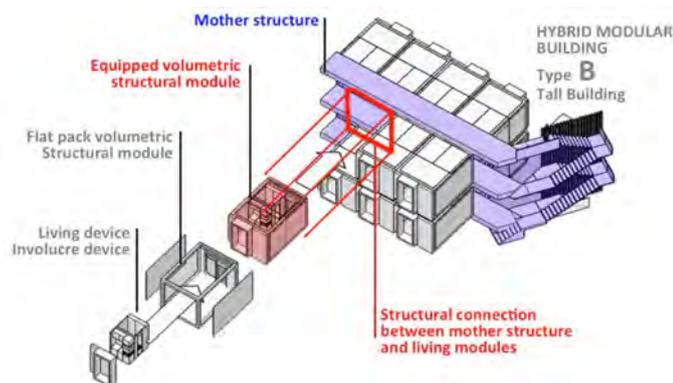


Fig. 2

posta a richiesta di brevetto⁵, supportata da un'apposita piattaforma di monitoraggio delle prestazioni dell'edificio e dei comportamenti abitativi (Fig. 1).

La soluzione si basa sull'idea che l'edificio sia scomposto in sottosistemi pensati e progettati rispetto al ciclo di vita degli elementi tecnologici che li strutturano. I sottosistemi con ciclo di vita più breve sono dotati di interfacce *plug and play* e possono quindi essere rimossi per essere rigenerati o sostituiti con altri in grado di fornire prestazioni più adeguate al mutare dei quadri esigenziali⁶. Ciò consente di ridimensionare l'entità degli interventi di manutenzione straordinaria, riconducendo anche le modifiche più significative a situazioni di manutenzione ordinaria che non richiedono di sospendere l'utilizzo degli immobili (Fig. 2).

La soluzione è stata poi implementata in occasione della partecipazione al bando "Reinventing cities" del 2018, organizzato dal *C40 Cities Climate Leadership Group*. In tale sede il modello è stato declinato rispetto al tema della residenzialità studentesca, arrivando ad approfondimenti di carattere esecutivo degli aspetti costruttivi e gestionali⁷. In tale occasione la soluzione tecno-costruttiva è stata inoltre completata con lo sviluppo di un protocollo di valutazione che, valorizzando le specificità del modello, permette di superare i limiti delle certificazioni a adesione volontaria presenti sul mercato – sulla cui reale efficacia gli studi scientifici esprimono opinioni discordanti (Amiri et al., 2019). Le simulazioni operate per questo progetto hanno evidenziato come, con l'introduzione di un protocollo che contempla il monitoraggio di alcuni parametri ambientali e introduce meccanismi "win-win", sia possibile migliorare le *performance* ambientali dell'edificio del 20 % per quanto riguardava la componente termica e frigorifera, e del 35 % con riferimento alla domanda di energia elettrica andando a contenere sempre di più le discrasie tra prestazioni reali e prestazioni teoriche. Inoltre, il processo di miglioramento continuo delle prestazioni del sistema edificio/impianti/utente può permettere di azzerare l'impronta di carbonio del sistema edilizio nel ciclo di vita calcolato in cento anni

come si è evidenziato dalle valutazioni dell'LCA effettuate durante la partecipazione al bando "Reinventing cities". Agendo su relazioni bidirezionali, il modello costruisce un habitat non solo immediatamente reattivo ai comportamenti dell'utenza, ma anche capace di innescare processi di consapevolezza e auto-miglioramento nell'utente. In questo modello, quindi, il monitoraggio costituisce una componente ineliminabile del processo, sia nel progetto che in fase d'uso, e diviene elemento nodale per l'erogazione dei servizi, la gestione degli impatti ambientali e l'ottimizzazione dei processi manutentivi.

Prospettive

Il gruppo di ricerca sta oggi continuando a operare per mettere a punto, sperimentare e validare il protocollo⁸, considerando l'edificio e, soprattutto, la variabilità delle sue interazioni *site-specific*, precisando le modalità con cui tecnologie edilizie, piattaforme digitali e interfacce utenti possono essere configurate al fine di ottimizzare le prestazioni ambientali e la qualità fruitiva a partire da comportamenti abitativi, lavorativi e relazionali adeguati e in miglioramento continuo, anche per quanto concerne la scala urbana e degli spazi pubblici. La capillare e continua raccolta di dati fornisce indicazioni, sia agli utenti che ai gestori, per migliorare abitudini e comportamenti, e aggiornare i contenuti tecnici dell'edificio. La condivisione dei dati permette inoltre una più rapida evoluzione della conoscenza e della consapevolezza – anche per progettisti e costruttori –, e la trasferibilità delle soluzioni adottate, corrette e migliorate, definendo pratiche oggettive e nuovi standard di qualità per il sistema edificio/impianti/utente.

La diffusione del protocollo sarebbe inoltre rilevante dal punto di vista delle ricadute sociali, in contesti legati a *community* professionali o aziendali che sempre più sono programmaticamente orientate a valutare il *behavioral change* nei suoi impatti sulla socialità e sostenibilità, quale elemento essenziale della qualità urbana, anche oltre i risultati del puro bilancio economico.

References

- Amiri, A., Ottelin, J. and Sorvari, J. (2019), "Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice?", *Sustainability*, vol. 11 (6), 1672, pp. 1-14.
- Di Pasquale, J., Innella, F. and Bai, Y. (2020), "Structural Concept and Solution for Hybrid Modular Buildings with Removable Modules", *Journal of Architectural Engineering*, vol. 26 (3).
- Di Pasquale, J. (2019), "Sharing economy and emerging housing behaviours", in Fanzini, D., Tartaglia, A. and Riva, R. (ed.), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, pp. 142-148.
- D'Oca, S., Hong, T. and Langevin, J. (2018), "The human dimensions of energy use in buildings: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 731-742.
- 5 Domanda di brevetto per "Struttura edilizia modulare" depositata in data 21/11/2019 con numero 10201900021816. Inventori: Joseph di Pasquale, Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Gianpaolo Cugola, Roberto Mandurino.
- 6 Uno specifico approfondimento sui temi strutturali della soluzione ibrida modulare e plug and play è stato sviluppato attraverso un apposito periodo di ricerca e scambio all'estero durante il percorso di dottorato di Joseph di Pasquale presso il Dipartimento di Ingegneria Civile della Monash University, Melbourne, Australia. In tale contesto sono state individuate le soluzioni plug-in e plug-out in grado di permettere una connessione/disconnessione immediata non solo strutturale ma anche impiantistica in grado di garantire una veloce sostituzione dei moduli abitativi (Di Pasquale et al., 2020).
- 7 La sperimentazione ha riguardato l'area di via Serio di proprietà del Comune di Milano ed è stata selezionata con il punteggio più alto per la seconda fase del concorso. All'interno dell'articolato gruppo con promotore Energa Group S.r.l., il responsabile della progettazione e del coordinamento era: Joseph di Pasquale Architects S.r.l. Il Dipartimento ABC del Politecnico di Milano ricopriva il ruolo di Esperto ambientale e il gruppo di ricerca coinvolto era composto da: per progettazione ambientale, studi urbani e NBS - Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia (coordinatore), Giovanni Castaldo, Davide Cerati; per performance ambientali, LCA e Carbon Footprint - Andrea Campioli, Monica Lavagna, Tecla Caroli, Anna Dalla Valle, Serena Giorgi. Inoltre, il gruppo proponente era completato da: Studio Tecneas, Siemens S.p.A. - Divisione Tecnologie edilizie; Dott. Umberto Puppini; Building S.r.l.s; IED - Istituto Europeo di Design S.p.A.; Dovevivo S.p.A.; arch. Emanuela Sara Cidri; Studio Legale Bertacco; Prothea S.r.l.; Crowdfunding Walliance S.r.l., Fundera S.r.l.; Axpo energy solutions Italia S.p.A.; LegambienteLombardia Onlus; Rikohišed.o.o.
- 8 Il nuovo protocollo è stato denominato "Proxima" e le attività per il suo sviluppo all'interno del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano sono coordinate da Elena Mussinelli (responsabile scientifico), Andrea Tartaglia (co-responsabile scientifico) e Joseph di Pasquale (coordinatore e *innovation strategist*).

- Happle, G., Fonseca, J.A. and Schlueter, A. (2018), "A review on occupant behavior in urban building energy models", *Energy & Buildings*, vol. 174, pp. 276-292.
- Lehmann, U., Khouryb, J. and Patel, M.K. (2017), "Actual energy performance of student housing: case study, benchmarking and performance gap analysis", *Energy Procedia*, vol.122, pp.163-168.
- MIT Concrete Sustainability Hub (2016), *Life Cycle Assessment for Residential Buildings. A Literature Review and Gap Analysis*, MIT, Cambridge.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A. and di Pasquale J. (2017), "Typological and technological innovation for the application of hybrid systems to housing construction: between technological culture and application testing", *Techn. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 287-294.
- Stazi, F. and Naspi, F. (2018), *Impact of Occupants' Behaviour on Zero-Energy Buildings*, Springer, Cham.
- Tartaglia, A. (2012), "Servizi e opere di interesse strategico per la collettività", in Bolici, R., Gambaro, M. and Tartaglia, A. (ed), *La ricerca tra innovazione, creatività e progetto*, Firenze University Press, Firenze, pp. 281-300.

INVOLUCRI CINETICI A MATRICE AMBIENTALE PER EDIFICI nZEB

Rosa Romano¹

Abstract

Partendo dalle definizioni di biomimetica e cinematismo, la trattazione si focalizzerà sul tema degli involucri cinetici ispirati da matrici ambientali. Attraverso l'analisi dello stato dell'arte, saranno descritti i parametri qualitativi e prestazionali che ne caratterizzano la progettazione ed il funzionamento a scala reale, con l'obiettivo di individuare gli innovativi processi realizzativi che hanno contribuito a incrementarne la diffusione e l'integrazione nell'ambito della progettazione sostenibile di edifici nZEB.

Keywords: Adaptive Envelope, Facciate Cinetiche, Biomimetic Design, Additive Manufacturing, nZEB

¹ DidA – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, rosa.romano@unifi.it.

Introduzione

Per decenni, architetti e scienziati, hanno immaginato che gli involucri architettonici potessero reagire dinamicamente alle sollecitazioni climatiche per autoregolare in modo efficiente il *comfort indoor* e i consumi energetici degli spazi confinati, replicando la capacità adattiva degli organismi viventi. Questa visione ha alimentato la sperimentazione nel campo dei sistemi di facciata, con l'obiettivo di trasformare l'involucro edilizio da elemento statico a sistema dinamico, in grado di mutare le proprie prestazioni e configurazioni se stimolato dall'ambiente e dagli utenti.

Gli involucri cinetici a matrice ambientale possono in tal senso essere considerati l'ultima frontiera della ricerca architettonica contemporanea e definiscono un nuovo campo epistemologico, al cui interno ripensare al ruolo della Tecnologia nel rapporto tra Cultura e Natura. La progettazione e realizzazione di questi innovativi sistemi di facciata è, inoltre, strettamente connessa alla rivoluzione digitale che ha investito il settore dell'architettura, generando importanti cambiamenti nelle dinamiche dei processi produttivi e realizzativi, nelle quali si delinea un'idea di progetto, sempre più caratterizzata da informazioni e relazioni, che consente connessioni multidimensionali e interagenti tra gli elementi che ne definiscono il campo d'azione.

L'involucro biomimetico a schermo avanzato, eco-efficiente e sostenibile, è diventato così un elemento fondamentale nella generazione di ecosistemi che privilegiano approcci interattivi e relazioni multiple tra le componenti fisiche e tra queste e gli abitanti, garantendo il raggiungimento dei target nZEB, attraverso un processo realizzativo a basso impatto ambientale.

Biomimetica e architettura

La biomimetica può essere definita una disciplina osmotica, fortemente variegata e interrelata con numerosi campi del sapere, tra cui la medicina e l'ingegneria meccanica. Chiaramente relazionata al mondo della biologia sin dalla sua comparsa etimologica, che possiamo attribuire a Schmitt nel 1969, la biomimetica è stata finalizzata a promuovere lo studio dei sistemi naturali secondo un'ottica ingegneristica, strutturale e propria della scienza e tecnologia dei materiali, con l'obiettivo di trovare soluzioni a basso impatto ambientale che potessero essere trasferite dal mondo naturale a quello artificiale, favorendo un enorme travaso di sapere con formidabili risultati in termini di innovazione.

La biomimetica, infatti, offre un nuovo approccio alla soluzione dei problemi ambientali legati al mondo delle costruzioni, attraverso lo studio di quello che avviene nel mondo naturale, da sempre caratterizzato dalla presenza di organismi in grado di reagire in modo efficiente a problematiche funzionali ed energetiche simili a quelle del mondo antropizzato. Di conseguenza l'ispirazione biologica diventa fondamentale per trovare soluzioni efficaci a problemi tecnologici complessi, che richiedono riflessioni adeguate in merito a forma, funzione, dotazione impiantistica e capacità reattiva dell'edificio e dei sottosistemi che lo costituiscono.

Un sistema edilizio biomimetico, necessariamente adattivo, deve quindi essere in grado di interagire con l'ambiente circostante (interno o esterno), elaborando in modo autonomo le informazioni acquisite per trasformarle in una reazione (movimento, deformazione, o cambiamento delle proprietà materiali) che si manifesta per un periodo di tempo determinato, proprio come

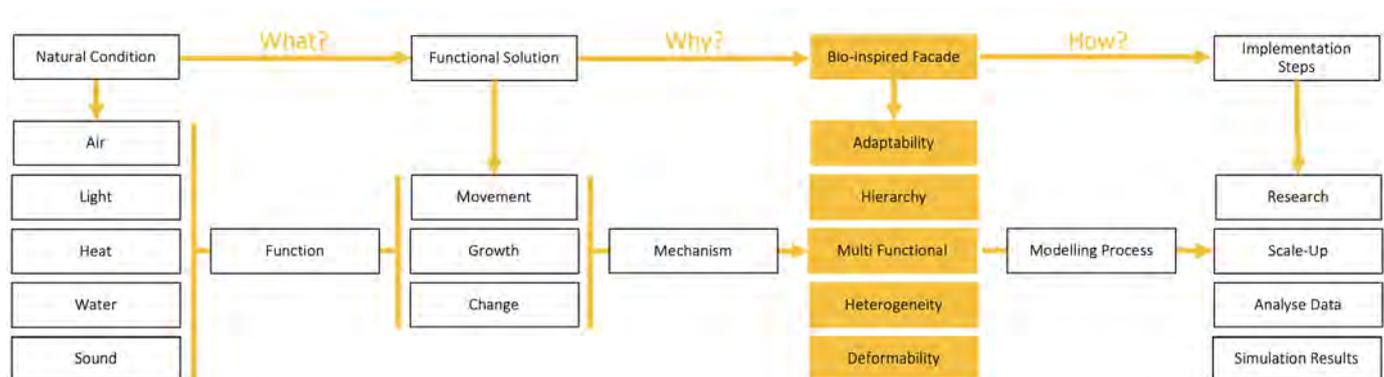


Fig. 1

ogni altro organismo vivente esistente in natura. Il grado di adattabilità (graduale o immediato) può essere relazionata in modo univoco al tempo di reazione (secondi, minuti, ore, ciclo giorno-notte, stagionale, annuale, decennale) ed alla scala spaziale (nano, micro e macro-scala) rispetto alla quale si verifica il cambiamento. Un involucro cinetico a matrice ambientale è, inoltre, caratterizzato dalla presenza di sistemi integrati (materiali e componenti) che sono in grado di modificare estrinsecamente e intrinsecamente le loro funzioni, estetiche o comportamentali, in risposta alla necessità di garantire prestazioni energetiche transitorie rispetto a condizioni al contorno variabili (Linn, 2014).

La dinamicità prodotta dalla dimensione interattiva consente di delineare scenari di progetto diversi e mutevoli e di sperimentare altresì processi flessibili capaci di indurre adattamenti continui (Fig. 1), partendo dalla caratterizzazione di (i) materiali e (ii) componenti edilizi, passando per le (iii) facciate, fino ad arrivare (iv) all'edificio e in alcuni casi, (v) all'intero contesto urbano (Bar Cohen, 2006).

Involucro cinetici a matrice ambientale

I componenti di facciata cinetici possono essere definiti soluzioni tecnologiche in cui uno (o più) elementi del sistema di chiusura esterno ha la possibilità di muoversi, spostarsi o ruotare, cambiando in modo più o meno evidente la configurazione spaziale (forma e posizione) e funzionale dell'edificio.

Il cinematismo è sempre stato una peculiarità connotante l'architettura; basti pensare alla possibilità di gestire "climaticamente" le funzionalità di porte e finestre delle nostre abitazioni. Gli attuatori meccanici, comparsi in corrispondenza della rivo-

luzione industriale, hanno permesso di incrementare tale versatilità, favorendo la nascita all'inizio del ventesimo secolo di una nuova idea di edificio, pensato come una macchina in grado di modificarsi e muoversi nel tempo. Lo sviluppo di sistemi elettronici e digitali ha rafforzato questa visione, contribuendo a diffondere l'idea che l'architettura potesse manifestare una certa vivacità ed energia tipica degli esseri viventi, evolvendosi attraverso modelli organici e flessibili finalizzati alla sua totale dismissione a fine del ciclo di vita utile.

Le sperimentazioni di R. Buckminster Fuller, F. Otto, S. Calatrava e C. Hoberman hanno dimostrando come lo sviluppo di nuovi sistemi d'involucro, realizzati con materiali leggeri e spesso innovativi, e l'utilizzo di sistemi informatici a supporto della validazione e gestione del progetto, permettessero di realizzare architetture e involucri cinetici funzionanti ed efficaci alla scala reale. Nei loro progetti l'ispirazione al mondo naturale è evidente, così come la volontà di emularlo attraverso l'utilizzo di tecnologie avanzate.

Con l'avvento delle istanze ambientali, anche l'involucro cinetico è stato chiamato a garantire il controllo degli elementi naturali (aria, calore, acqua e luce) attraverso la dotazione di sottosistemi capaci di gestire uno o più dei seguenti fattori: 1) spostamento e trattamento dell'aria (e.g.: bocchette mobili, materiali fotocatalitici); 2) gestione dei flussi energetici passanti, in termini di isolamento e inerzia termica (e.g.: materiali nano-strutturati e a cambiamento di fase); 3) assorbimento, stoccaggio e riutilizzo dell'acqua piovana (e.g. superfici superidrofobiche o superidrofili); 4) captazione e gestione della radiazione solare incidente (e.g.: schermature solari, vetri prismatici e selettivi), 5) favorendo la produzione di energia rinnovabile in loco (e.g.,

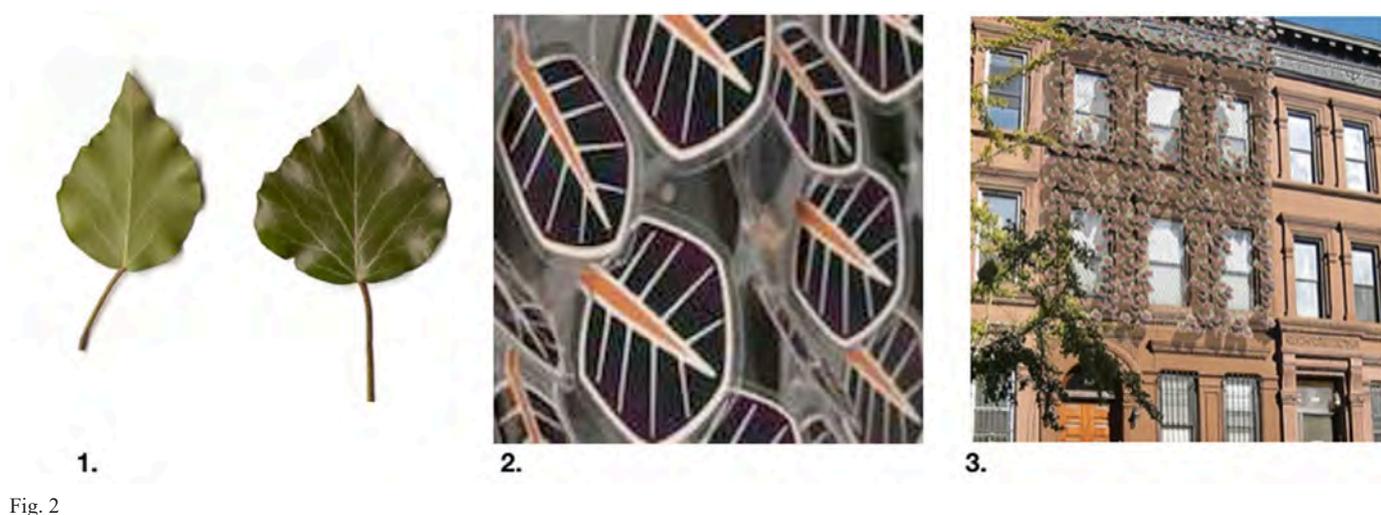


Fig. 2

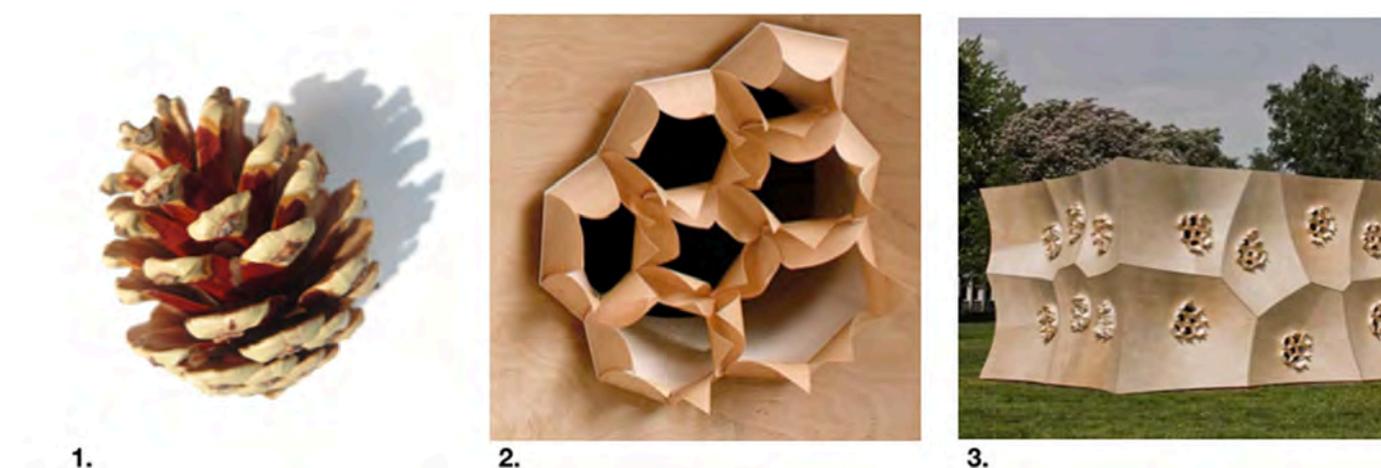


Fig. 3

pannelli solari fotovoltaici e termici).

Negli ultimi anni, numerose ricerche hanno interessato il settore della progettazione e sperimentazione degli involucri architettonici cinetici influenzati dalla biomimetica, nei quali l'attivazione della capacità adattiva è determinata sia dalla presenza di attuatori meccanici che dalla possibilità di utilizzare materiali che, attraverso processi fisiologici o biofisici, sono in grado di muoversi reagendo a sollecitazioni ambientali esterne.

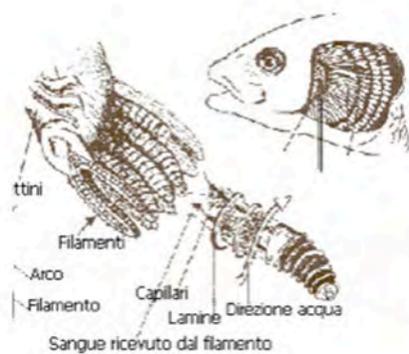
La possibilità di utilizzare software di gestione e modellazione, oltre che strumenti di *Additive Manufacturing*, basati sul concetto *file-to-factory*, ha, inoltre, favorito la digitalizzazione del processo realizzativo dei sistemi di facciata adattivi bioispirati, incoraggiando la diffusione di strumenti informatici innovativi BIM e BEM per la progettazione (e.g.: Inventor, Ladybug Tools, Rhino, EnergyPlus, Building Integrated Modeling, Grasshopper) e realizzazione (e.g.: sinterizzazione laser selettiva, stereolitografia, stampa 3D, modellazione a deposizione fusa) di prototipi o parti di edificio, partendo direttamente dai modelli tridimensionali virtuali ispirati al mondo vegetale e animale, e usando per la loro costruzione prevalentemente "materiali digitali" polivalenti (Rudgley, 2001). Ciò significa produzione senza avvvitamento, incollaggio, unione e montaggio manuali.

Ne consegue che le proprietà biomimetiche di un sistema di facciata cinetico non sono necessariamente correlate alla geometria della soluzione tecnologica d'involucro ma talora, possono influenzarne la morfologia. A tal proposito è interessante riprendere la classificazione suggerita da M. Pedersen (Pedersen Zari, 2010) che suddivide i componenti edilizi cinetici e bioispirati in due macro-categorie, in relazione a: 1) forma e 2) funzione.

Al primo gruppo afferiscono le soluzioni tecnologiche che richiamano in modo inequivocabile nell'aspetto morfologico

il sistema biologico o l'organismo vivente a cui sono ispirate, come ad esempio: le "foglie fotovoltaiche" a film sottile SMIT "Solar Ivy", progettate per produrre energia e schermare lo spazio confinato (Fig. 2); il prototipo Meteorosensitive Architecture sviluppato da S. Reichert (2014), chiaramente ispirato dalla morfologia e dal comportamento igroscopico dello strobilo (Fig. 3); il sistema di facciata "Living Glass" (Fig. 4), che imita il comportamento delle branchie dei pesci, grazie alla presenza nella sua superficie trasparente di parti realizzate con materiale a memoria di forma sensibile alla CO₂, in grado di aprirsi e chiudersi favorendo il ricambio dell'aria all'interno dell'edificio (Geiger, 2010); l'installazione artistica "Articulated Cloud" di N. Kahn per il Children's Museum di Pittsburg (Fig. 5), nella quale una cortina di elementi polimerici integrati nella facciata doppia pelle, è in grado di muoversi imitando il cinematisimo delle ali di una libellula (Linn, 2014).

Al secondo gruppo, appartengono i sistemi architettonici che, pur non avendo un aspetto necessariamente ispirato al mondo naturale, riescono a replicarne il comportamento in termini cinetici e termoigrometrici. È questo il caso: dei sistemi d'involucro realizzati con bimetalli dall'americana D. Sung (Hawkes ed altri, 2010), nei quali elementi modulari di piccole dimensioni costituiti da due fogli di alluminio hanno l'abilità di piegarsi in pochi secondi in modo autonomo e senza la presenza di attuatori; dei componenti di facciata di T. Šuklje (2013) e S. Mazzucchelli (2018) nei quali celle fotovoltaiche BIPV sono integrate a micro-lamelle di legno a comportamento igroscopico; delle lamelle schermanti "Flectofin", brevettate da J. Knippers e integrate nella facciata del padiglione *One Ocean* realizzato in occasione dell'EXPO 2012 a Yeosu (Fig. 6), la cui forma geometrica ed il funzionamento sono state ispirate dalla *strelitzia*



1.



2.



3.

Fig. 4



1.



2.



3.

Fig. 5

reginae (Knippers and Speck, 2012).

È evidente come in tutti gli esempi presentati esiste una chiara relazione tra l'involucro dell'edificio e il suo equivalente biologico, relazione che incarna necessariamente una caratteristica funzionale capace di influenzare positivamente le prestazioni energetiche dell'edificio.

La possibilità di emulare in tutto o in parte il comportamento degli organismi viventi attraverso l'ispirazione biomimetica rende, quindi, fondamentale l'abilità responsiva di questi involucri cinetici, le cui prestazioni energetiche e funzionali contribuiscono alla creazione di habitat in grado di rispondere a contesti ambientali variabili, in virtù della capacità adattiva e informativa degli elementi e dei materiali di cui essi si compongono, emulando la Natura nei suoi caratteri trasformativi ed evolutivi.

Conclusioni

Dai paragrafi precedenti si evince come lo sviluppo di progetti, prodotti, processi e sistemi biomimetici legati al mondo dell'architettura, necessità di un'organizzazione metodologica innovativa tale da poter gestire l'artificializzazione, formale e/o funzionale, delle soluzioni partendo dalla natura per arrivare al modello finale, diversamente da quanto avviene in altri settori della scienza applicata che si occupano di sintetizzare i bioprodotti partendo dalla tecnologia.

Risulta, inoltre, evidente come la progettazione di involucri cinetici a matrice ambientale implichi l'utilizzo, in tutte le fasi del processo, di strumenti informatici che permettano di controllare nel dettaglio le caratteristiche formali e funzionali di elementi complessi, materiali e immateriali, integrabili nel sistema di facciata per garantirne l'adattabilità.

La digitalizzazione dei processi creativi e produttivi, la possibilità di utilizzare materiali nanostrutturati con capacità adattiva, l'evoluzione legata all'integrazione di sistemi elettronici basati sul concetto di intelligenza artificiale, in grado di trasferire agli edifici la capacità cognitiva degli esseri viventi, apre, quindi, nuovi scenari di progettazione e sperimentazione nel settore degli involucri di facciata. Le nuove tecnologie di produzione cambieranno, infatti, il modo in cui progettiamo e produciamo, nonché il modo in cui trattiamo i beni di consumo e l'ambiente costruito.

La ricerca in atto a scala globale indica, infine, l'aspirazione a sviluppare sistemi architettonici sofisticati, capaci di rispondere alle sfide imposte dall'era digitale. Si tratta di edifici, che proprio come gli organismi viventi, saranno in grado di modificare le loro posture, correggere automaticamente o dinamicamente qualsiasi deformazione nelle loro strutture, ridurre i loro pesi e riconfigurarsi fisicamente per soddisfare nel tempo le esigenze degli utenti senza incidere negativamente sull'ambiente naturale.

È evidente quindi che la capacità di replicare i modelli di adattamento presenti in natura, attraverso involucri performanti, diventerà fondamentale per garantire la riduzione delle emissioni climalteranti imputabili al settore delle costruzioni, incidendo positivamente sul cambiamento climatico in atto e sulle conseguenze sociali ed economiche che questo potrebbe avere sulla sopravvivenza delle generazioni future.

References

- Bar Cohen, Y. (2006), *Biomimetics: Biologically inspired Technologies*, Taylor & Francis, London-New York.
- Hawkes, E., An, B., Benbernou, N. M., Tanaka, H., Kim, S., Demaine, E. D., et al. (2010), "Programmable matter by folding", proceedings of the

- National Academy of Sciences, vol. 107 (28), Cambridge, MA, July 13, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, pp. 12441-12445.
- Khosromanesha, R. and Asefibi, M. (2019), "Form-finding mechanism derived from plant movement in response to environmental conditions for building envelopes", *Sustainable Cities and Society*, vol. 51, pp. 1-13.
- Knippers, J. and Speck, T. (2012), "Design and construction principles in nature and architecture", *Bioinspiration Biomimetics*, vol. 7 (1), pp. 1-10.
- Linn, C. (2014), *Kinetic architecture: design for active envelopes*, Images Publishing, Melbourne.
- Mazzucchelli, E. S., Alston, M. and Doniacovo, L. (2018), "Combining timber and photovoltaic technologies: study of a BIPV wooden adaptive system", *JFDE*, vol.6 (3), Delft.
- Pedersen Zari, M. (2010), "Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation", *Architectural Science Review*, vol. 53, pp. 172-183.
- Reichert, S., Menges, A. and Correa, D. (2014), "Meteorosensitive architecture: biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness", *Comput-Aided Design*, vol. 60, pp. 50-69.
- Schmitt, O. H. (1969), "Some interesting and useful biomimetic transforms", proceedings of the 3rd International Biophysics Congress, Boston, Massachusetts, August 29 September 3rd, 1969, IUPAB, Stockholm, p. 297.
- Šuklje, T., Medved, S. and Arkar, C. (2013), "An experimental study on a microclimatic layer of a bionic façade inspired by vertical greenery", *Journal of Bionic Engineering*, vol. 10 (2), pp. 177-185.

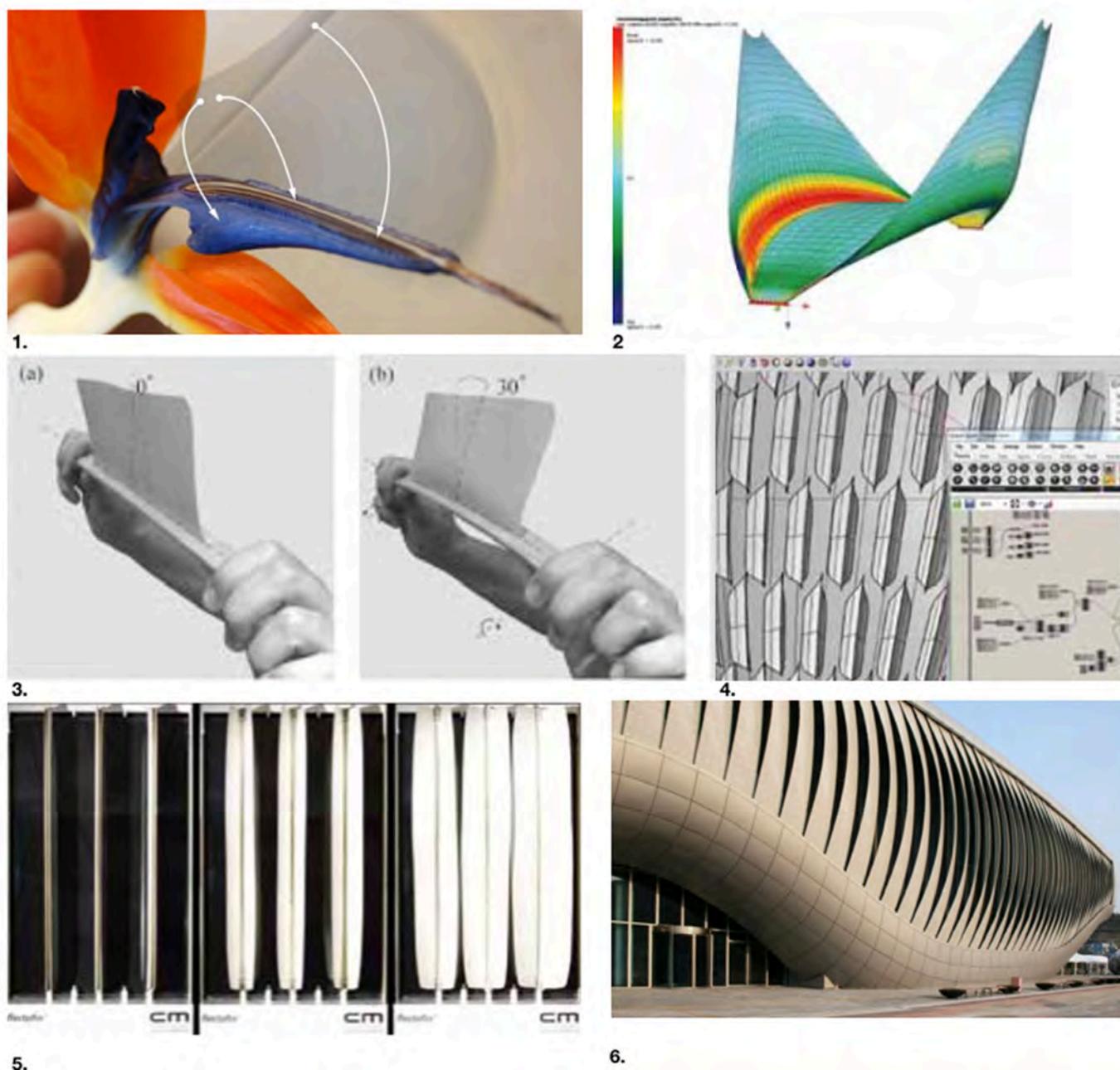


Fig. 6

Fig. 1 - Approccio metodologico al progetto di involucri biomimetici. Fonte: Khosromanesh, R., Asefi, M. (2019), "Form-finding mechanism derived from plant movement in response to environmental conditions for building envelopes", available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670719308777>

Fig. 2 - Foglie fotovoltaiche a film sottile SMIT Solar Ivy: 1. Ispirazione biomimetica: forma e movimento delle piante rampicanti parietali; 2. Sviluppo prototipale; 3. Esempio di integrazione architettonica. Fonte: http://www.solaripedia.com/13/285/3163/solar_ivy_townhouse.html

Fig. 3 - Sistema di involucro Meteorosensitive Architecture: 1. Ispirazione biomimetica: morfologia e comportamento igroscopico dello strobilo; 2. Sviluppo prototipale; 3. Integrazione architettonica nel padiglione HygroSkin-Meteorosensitive a Stadtgarten, Stoccarda. Fonte: <http://www.achimmenges.net>

Fig. 4 - Sistema di facciata Living Glass: 1. Ispirazione biomimetica: comportamento delle branchie dei pesci; 2. Sviluppo prototipale con l'utilizzo di polimeri a memoria di forma, sensibili alla CO₂; 3. Esempio realizzativo. Fonte: <https://inhabitat.com/carbon-dioxide-sensing-living-glass/>

Fig. 5 - Sistema di schermatura Articulated Cloud: 1. Ispirazione biomimetica: il cinematisimo delle ali di una libellula; 2. Sviluppo prototipale con l'utilizzo di polimeri integrati su supporto metallico in alluminio; 3. Integrazione architettonica nell'installazione artistica di N. Kahn per il Children's Museum di Pittsburg. Fonte: <http://nedkahn.com>

Fig. 6 - Lamelle schermanti Flectofin: 1. Ispirazione biomimetica: forma e caratteristiche della strelitzia reginae; 2. Sviluppo del concept preliminare con software BEM; 3. Realizzazione prototipale funzionale alla verifica delle caratteristiche geometriche e meccaniche del modulo di schermatura; 4. Modellazione virtuale con software BIM, finalizzata alla validazione delle potenzialità inerenti l'integrazione in sistemi di facciata complessi; 5. Realizzazione prototipale esecutiva; 6. Integrazione architettonica nella facciata del padiglione One Ocean realizzato in occasione dell'EXPO 2012 a Yeosu. Fonte: http://www.simonschleicher.com/flectofin_brochure.pdf

PROVE DI METODO NEL PROGETTO DI UNA UNITÀ SEMOVENTE PER L'OSPITALITÀ TEMPORANEA

Gian Luca Brunetti¹

Abstract

Quando il processo progettuale è supportato da un approccio computazionale, talvolta si riscontra una difficile combinabilità con le procedure progettuali tradizionali. Il presente contributo illustra come, in una esperienza di progettazione finalizzata all'autocostruzione, si siano combinati con vantaggio un approccio progettuale supportato dall'utilizzo di metamodelli e un approccio esplorativo tradizionale, human-centered, basato sull'utilizzo di strumenti di simulazione ambientale. Il criterio di metamodellazione utilizzato ha consentito di bypassare la necessità di un approccio generativo automatico, spostandolo la generatività a valle del processo di esplorazione, così da liberare il progettista dalla necessità di programmazione informatica.

Keywords: Autocostruzione, Architettura mobile, Metamodellazione, Progettazione assistita, Sostenibilità ambientale

¹ DAsTU - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, gianluca.brunetti@polimi.it

Introduzione

L'architettura mobile è saldamente radicata nella cultura architettonica contemporanea, in particolare in aree geografico-culturali come il Nordamerica, dove costituisce una accettata produzione "di genere" (Kahn, 1973), ed ha comunanze con le architetture generate dal movimento *pro-tiny-houses* (Zanelli, 2003; Kahn, 2014); ma trova anche solide radici nelle architetture tradizionali spontanee, dalla yurta al tepee (Oliver, 2007). La trasportabilità comporta, tuttavia, spesso, un accentuato ampliamento dello spazio delle opzioni progettuali (a causa della variabilità dei possibili contesti ambientali) e, di conseguenza, un aumento del costo computazionale delle esplorazioni parametriche finalizzate a supportare il progetto, e anche un aumento della complessità di modellizzazione da parte degli operatori. Entrambi questi oneri però oggi possono essere ridotti attraverso opportuna applicazione di tecniche di metamodellazione delle opzioni progettuali.

Un importante vantaggio derivante dall'impiego di metamodelli è infatti quello di consentire una riduzione del numero di campionamenti esplorativi (simulazioni) necessari a restituire una panoramica delle conseguenze prestazionali connesse allo spazio delle opzioni progettuali. Le due quantità qui in questione – numero di opzioni progettuali considerate nel metamodello e numero di opzioni progettuali considerate nel modello – sono infatti legate da un rapporto logaritmico, che implica che, al moltiplicarsi delle opzioni, il numero di campionamenti necessari alla costruzione del metamodello cresca meno rapidamente del numero delle opzioni in merito alle quali il metamodello può dare risposta.

Il presente contributo mira ad illustrare come, in una esperienza di progettazione basata su analisi prestazionali (Becker and Foliente, 2005), si siano messi a sistema un approccio computazionale basato sull'utilizzo di metamodelli e un approccio esplorativo tradizionale basato su simulazione delle prestazioni ambientali, bypassando la necessità di generazione automatica delle istanze dei modelli. Questo è stato reso possibile dal fatto che l'approccio di metamodellazione utilizzato (Brunetti 2020, a) è particolarmente indicato ad operare su percorsi esplorativi spiccatamente irregolari, quali quelli generati attraverso una modifica iterativa, progressiva – e, nelle possibilità, improvvisata – di un modello da parte di un progettista. Questo perché

tale metodo di metamodellazione (che è del tipo *k-nears-neighbour* e caratterizzato da una strategia innovativa di ponderazione basata sul grado di similitudine tra istanze) (a) non adotta *kernels* basati sulla distribuzione gaussiana a differenza dei metodi *kriging* e della base radiale; (b) è estraneo al concetto di *ordine* che è proprio dei metodi polinomiali; (c) non dipende dal grado di estensione e profondità di *layers* (a differenza delle reti neurali).

L'attività progettuale oggetto del caso-studio in questione è stata mirata alla definizione di un manufatto architettonico mobile, a basso impatto ambientale e a basso costo, dotato di una veranda smontabile, dedicato all'ospitalità temporanea e destinato ad essere auto-costruito da volontari non professionisti (Fig. 1).

L'esplorazione progettuale ha riguardato sia le caratteristiche del manufatto, sia le sue possibili posizioni nell'area di progetto.

Metodologia

Si richiedeva che l'unità abitativa da progettarsi fosse montata su un bancale in acciaio da 2 x 3,7 metri esistente, mobile su ruote in gomma, e risultasse adattabile a molteplici situazioni di contesto. Si richiedeva inoltre che le dimensioni planimetriche dell'unità fossero estendibili a 4 x 3.7 metri in assetto stanziale per effetto dell'addizione di una serra smontabile; e che la costruzione fosse completabile in tempi rapidi facendo uso di segati già disponibili (principalmente, legni di sezione di 4 x 12 cm, eventualmente tagliabili longitudinalmente in sezioni da 4 x 6 cm) e componenti leggeri di chiusura acquisibili sul mercato a basso costo (come teli di plastici rinforzati, pannelli trasparenti in policarbonato pluristrato e monostrato, e fogli riflettenti per la protezione termica).

Il progetto è stato supportato da procedure automatizzate mirate all'ottimizzazione preliminare delle prestazioni termiche, tenendo conto del fatto che non solo l'assetto del manufatto è destinato a variare nel tempo, ma che anche l'ambiente ospitante può essere oggetto di una gamma di variazioni ampia, determinata dalla varietà morfologica degli spazi esterni, che includeva la presenza di alberi a foglie caduche e la presenza di colline formanti ostruzioni solari – e ventilative – ai bordi della stretta valle.

Questa ampia possibilità di variazione ha suggerito la presa

¹ Membri dell'Associazione dei Calimali ONLUS operante nel territorio del Parco del Medio Olona – <http://www.calimali.org/>

in considerazione di un numero di soluzioni progettuali di alcune migliaia, poi ridotta a 2592 attraverso un'attenta selezione dei parametri utilizzati. Il numero di versioni del modello create per ricavare informazioni sulla casistica è stato però – per effetto della succitata strategia di metamodellizzazione – molto più piccola: 38 casi, tale da essere esplorabile manualmente in alcune ore. Si è insomma ottenuta una riduzione del numero delle simulazioni ambientali superiore al 99% senza che questo implicasse deterioramenti significativi di adeguatezza delle previsioni prodotte. In studi precedenti e condizioni sperimentali simili, tale deterioramento è stato stimato causare discostamenti di risposta inferiori al 10%.

La strategia di metamodellizzazione in questione è stata supportata da un programma *software open-source* reso disponibile via web, a sua volta, nelle possibilità, processabile con strategie di ottimizzazione caratterizzate dall'organizzazione dei parametri progettuali in "cascate" di "gruppi" accomunati da analogie e combinabili in sovra-gruppi parzialmente sovrapponibili ed ibridabili (Brunetti, 2020).

L'ipotesi progettuale adottata è basata (a) sulla composizione di pannelli opachi controventati isolati esternamente per mezzo di stratificazioni di coperte termiche per il soccorso di emergenza, motivata dal costo particolarmente basso di queste (molto competitivo rispetto al costo dei materassini riflettenti pluristrato per l'edilizia); (b) sulla composizione di pannelli trasparenti controventati completati con lastre in policarbonato, pluristrato (per la cellula abitativa) o monostrato (per la serra solare rimovibile da impostarsi sul terreno); (c) sul riempimento con acqua di barili in acciaio da 200 lt. (chiusi da coperchio, per evitare l'evaporazione e la connessa riduzione delle temperature sensibili in

inverno) per la creazione di massa di inerzia termica (Fig. 2, 3).

Più specificamente, la soluzione prevista per la costruzione delle chiusure opache è caratterizzata dall'utilizzo di strisce orizzontali di rete in fibra di vetro, del tipo per intonaci, tesa tra i montanti (Roberts, 1980), e da un rivestimento continuo in strisce orizzontali sovrapposte di teli plastici rinforzati con fibre plastiche (ancora da selezionarsi sul mercato), anch'esso teso tra i montanti (Fig. 4). Il reciproco collegamento dei pannelli della serra si prevede invece operato mediante un sistema di corde assicurate a staffe in acciaio ancorate ai montanti.

Le opzioni progettuali prese in considerazione si sono differenziate non solo a livello costruttivo, ma anche in merito al posizionamento orografico e all'orientamento. La questione del posizionamento, nel caso specifico, è di fondamentale importanza, perché non è da escludersi che il manufatto, una volta posizionato, divenga semipermanente.

I parametri presi in considerazione nelle simulazioni ambientali sono stati complessivamente 7: 1) posizionamento sul sito (4 opzioni: posizionamento a est, ovest, sud o nord di un gruppo di alberi a foglie caduche); 2) orientamento della fronte principale, caratterizzata da chiusura trasparente (secondo i 4 orientamenti cardinali); 3) quantità di isolamento termico delle pareti opache (3 opzioni: 1, 2 o 3 fogli riflettenti); 4) quantità di acqua utilizzata come massa termica (in misura di 1, 3, o 5 barili, corrispondenti a 200, 600 o 1000 l); 5) larghezza della superficie trasparente a tutta altezza sul fronte della cellula (3 opzioni: 2,4, 1,6 e 0,8 m); 6) numero di cavità nella chiusura trasparente (0, 1, o 2); 7) presenza o assenza della serra. La chiusura trasparente della serra smontabile è stata prevista in policarbonato monostrato per salvaguardare la visibilità interno-esterno.

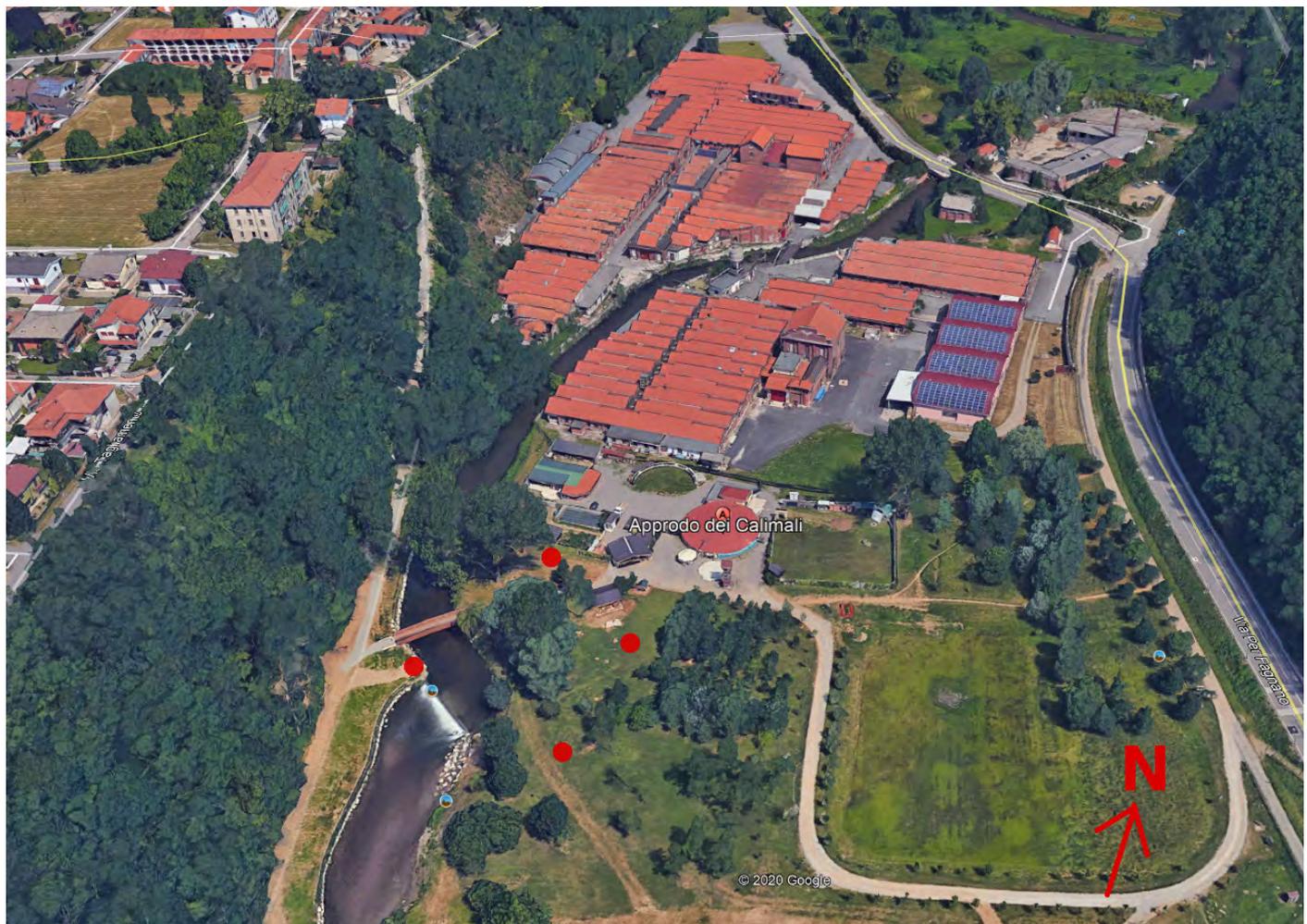


Fig. 1

Gli obiettivi prestazionali perseguiti sono stati: (a) la minimizzazione della distanza dalle medie mensili del mese di febbraio dalla temperatura di 18 °C; (b) la minimizzazione della distanza dalle medie mensili del mese di luglio dalla temperatura di 24 °C; (c) la minimizzazione della somma tra (a) e (b). Le temperature medie mensili considerate sono una media tra le temperature ottenute nella configurazione con serra e in quella senza serra. Questo al proposito di individuare soluzioni idonee a supportare entrambe le configurazioni.

Il modello termico base utilizzato, adeguato a una analisi parametrica preliminare, è stato creato per mezzo della suite di simulazione ESP-r (Clarke, 2001) ed è caratterizzato da due zone termiche nella configurazione con serra e una zona termica nella configurazione senza serra (Fig. 5). In entrambi i casi, i flussi ventilativi sono stati valutati per mezzo di una rete di ventilazione nodale. Informazioni più specifiche possono essere reperite direttamente dai modelli virtuali, che sono stati resi disponibili via web, assieme ai risultati ottenuti (Brunetti, 2020, c).

Il progetto ha incorporato i suggerimenti progettuali emersi dal dibattito con l'associazione ospitante e ha tenuto conto del fatto che la mano d'opera destinata alla realizzazione del manufatto è amatoriale. Le attività di costruzione pianificate prevedono anche un monitoraggio delle prestazioni ambientali del modulo abitativo, che potrà aprire la possibilità di valutazioni post-occupazione. La realizzazione comunitaria del manufatto, originariamente prevista per la primavera 2020, è stata però posticipata a causa dell'emergenza Covid-19 in corso.

Risultati

L'approccio metodologico descritto si è dimostrato adeguato a supportare un approccio progettuale basato sull'analisi delle prestazioni di un numero elevato di casi, a fronte di una esplorazione "manuale" fortemente ridotta.

Le risposte prestazionali che l'esplorazione ha fornito sono andate in massima parte in direzione delle aspettative, ma hanno anche fornito indicazioni aggiuntive e non attese.

La soluzione più vantaggiosa ai fini delle prestazioni invernali (qui investigate in relazione al mese di febbraio) si è rivelata, secondo le aspettative, quella costituita da orientamento verso sud dell'apertura trasparente della cellula, da chiusura trasparente a triplo strato e della massima estensione, dal massimo volume di acqua ai fini dell'accumulo termico, e dal posizionamento della cellula a sud delle ostruzioni solari costituite dagli alberi. Anche la soluzione più vantaggiosa ai fini delle prestazioni estive (qui investigate in relazione al mese di luglio) è andata nella direzione delle aspettative. A livello costruttivo, essa è coincisa con quella del mese di febbraio, ma ne ha differito nel posizionamento: il posizionamento più indicato è risultato essere quello più vicino alla protezione del rilievo orografico collocato a ovest, e l'orientamento più indicato è risultato conseguentemente rivolto a ovest.

Il risultato inaspettato ha riguardato la valutazione congiunta della discrepanza estiva e invernale dalla zona di comfort. Non è stato sorprendente il fatto che la posizione e l'orientamento più vantaggiosi a livello complessivo coincidessero con quelli più vantaggiosi ai fini invernali, poiché in termini di gradi-giorno la situazione invernale pesava ben più di quella estiva. Il fatto sorprendente è che la soluzione costruttiva complessivamente più soddisfacente risultasse essere quella più povera di massa termica, anziché quella più ricca di massa termica (Fig. 6). La spiegazione più probabile di questo fatto sta nella insufficiente ventilazione notturna estiva delle configurazioni ipotizzate, che per semplicità costruttiva (derivante dalla soluzione di chiusura

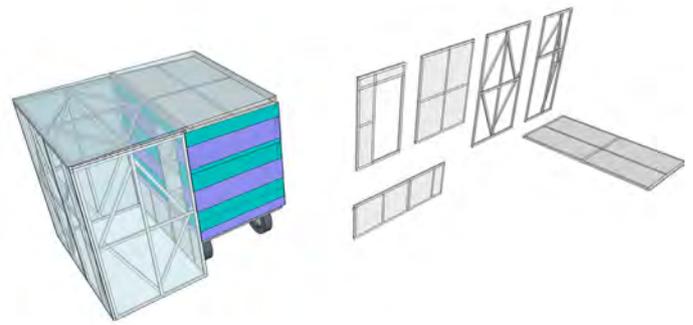


Fig. 2

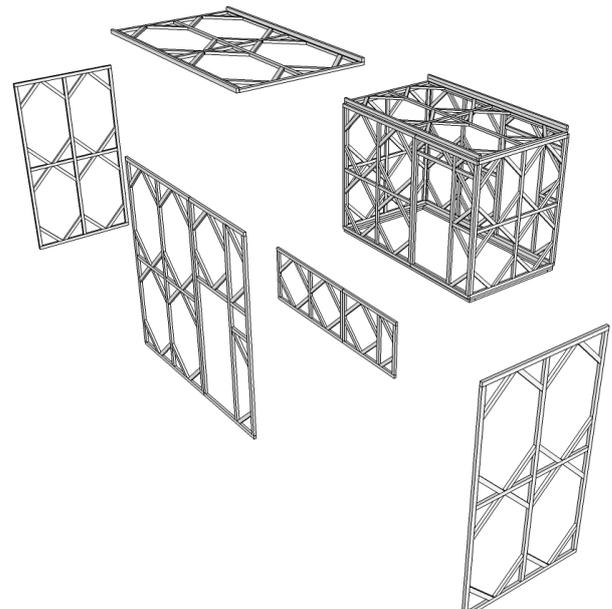


Fig. 3

a teli tesi orizzontali) era stata ipotizzata dotata di aperture per la ventilazione solo sulla facciata principale. Il risultato ottenuto ha consigliato di valutare una possibilità di ri-configurazione delle aperture della cellula in direzione di un superamento del mono-affaccio, così da gettare le basi per una ventilazione incrociata.

Conclusioni

Il tema dell'autocostruzione di unità per l'accoglienza trasportabili ed estendibili è oggi di particolare interesse pratico per effetto delle emergenze sociali legate alla povertà diffusa. L'attività di autocostruzione apre opportunità di inclusione sociale e "emersione" dall'informalità; e la caratteristica della trasportabilità attenua il legame tra disponibilità fondiaria e possibilità di costruzione. La progettazione di costruzioni trasportabili di basso costo suggerisce però l'opportunità di procedure di valutazione prestazionali "snelle" e semplificate. Nelle analisi qui presentate, la necessaria agilità di esplorazione è stata ottenuta senza richiedere strategie di generazione automatica delle opzioni progettuali, ma anche senza comportare una riduzione dell'ampiezza e della completezza dell'esplorazione stessa. Ciò è stato reso possibile dalla combinazione di (a) una scarna generazione manuale delle principali opzioni progettuali, con (b) una strategia di metamodellizzazione idonea al tipo di generazione specifico, potenzialmente irregolare e disordinato.

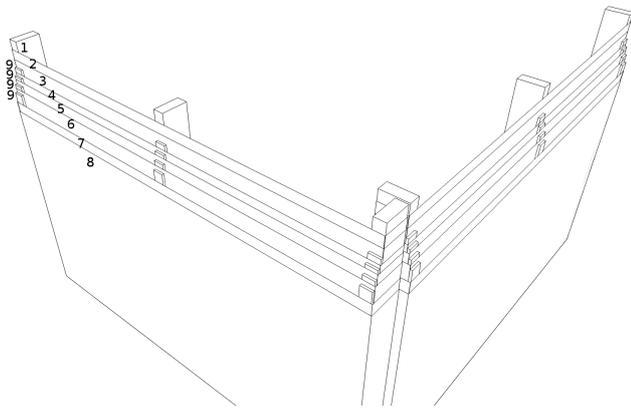


Fig. 4

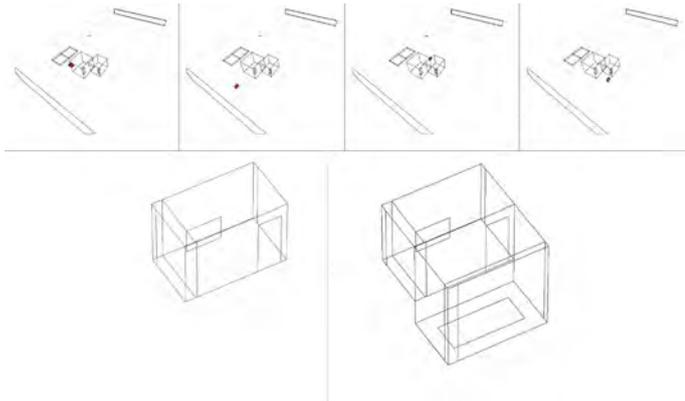


Fig. 5

Riferimenti

- 372 Brunetti, G. L. (2020), "Increasing the efficiency of simulation-based design explorations via metamodeling", *Journal of Building Performance Simulation*, vol. 13 (1), pp. 79-99.
- Friedman, Y. (1975), *Towards a scientific architecture*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Gosling, W. (1962), *The Design of Engineering Systems*, Wiley, New York, NY.
- Illich, I. (1973), *Tools for Conviviality*, Marion Boyars Publishers, Londra.
- Kahn, L. (1973), *Shelter*. Shelter Publications, Bolinas, CA.
- Oliver, P. (2007), *Dwellings. The Vernacular House World Wide*, Phaidon Press, London.
- Performance Based Building Thematic Network (2005), *Performance-Based Building International State of the Art*, proceedings of PeBBu 2nd International SotA Report. CIBdf, Rotterdam.
- Roberts, R. (1980), *Your Engineered House*. M. Evans and Company, New York, NY.
- Rowe, P. (1991), *Design Thinking*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Zanelli, A. (2003), *Trasportabile/Trasformabile. Idee e tecniche per architetture in movimento*, Clup, Milano.

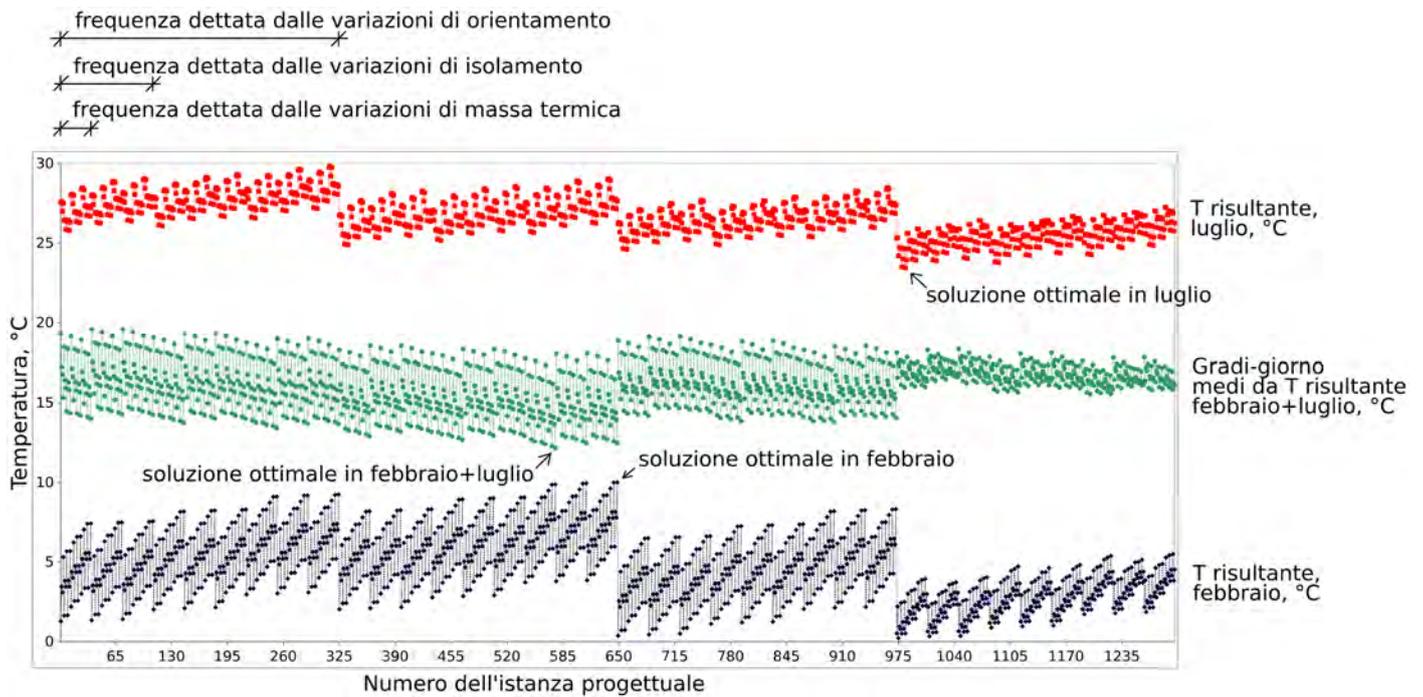


Fig. 6

Fig. 1 - L'area destinata ad ospitare l'alloggio mobile. In rosso, le quattro zone prese in considerazione per la sua collocazione.

Fig. 2 - Vista dell'alloggio mobile completo di serra e vista dei pannelli necessari al suo montaggio. L'ipotesi simulata differisce da quella qui illustrata perché nella prima la parete della fronte sulla veranda è trasparente e la porta è opaca.

Fig. 3 - Schema di assemblaggio dei telai dei pannelli.

Fig. 4 - Spaccato di due pannelli formanti le pareti opache. Legenda. 1. Montante in abete. 2, 8. Telo in plastica rinforzata teso tra i montanti. 3, 7. Rete porta-intonaco in fibra di vetro tesa tra i montanti. 4, 5, 6. Fogli riflettenti. 9. Listelli in legno, 1x5 cm.

Fig. 5 - In alto: posizioni testate per l'alloggio nel modello termico. In basso: schemi dei modelli termici senza serra e con serra.

Fig. 6 - Grafico riportante le temperature medie in febbraio e luglio e i gradi-giorno relativi ai giorni medio di febbraio e luglio delle istanze progettuali testate, sequenziate nell'ordine arbitrario di numerazione assegnato ai parametri. Ciascuna temperatura qui riportata deriva dalla media delle temperature interne alla cellula in assenza e in presenza di serra.

PROGETTARE PER IL CAMBIAMENTO: LO SPAZIO RESPONSIVO DELL'ABITARE

Valeria Melappioni¹

Abstract

Le innumerevoli sperimentazioni orientate all'implementazione tecnologica e all'integrazione dei sistemi digitali all'interno degli spazi domestici, spostano l'attenzione dall'oggetto architettonico all'atto di abitare e introducono paradigmi quali l'interazione e la responsività, utili a assecondare le mutevoli esigenze e il comportamento dinamico degli utenti. Il paper intende avviare una riflessione sulle trasformazioni in atto e sul ruolo che la cultura del progetto può assumere nell'orientare l'incorporazione della tecnologia digitale nello spazio dell'abitare.

Keywords: Interazione, Abitare, User experience, Responsivo, Immersivo

¹ SAAD – Scuola di Architettura e Design E. Vittoria, Università degli Studi di Camerino, valeria.melappioni@unicam.it

Progettare per il cambiamento

Sin dalle primissime forme dell'abitare l'evoluzione tecnologica ha accompagnato quella umana.

L'uomo ha conquistato le basilari forme di sicurezza delimitando, chiudendo e proteggendo una porzione di spazio, assicurandosi una libertà di vita al riparo dagli agenti atmosferici, da predatori e nemici, arrivando a confrontarsi con le proprie mutevoli necessità quotidiane, con i propri desideri e sensi.

L'accostamento dell'idea di spazio domestico, della necessità di far fronte ai molteplici cambiamenti in corso e dell'utilizzo sempre più diffuso della tecnologia sembra, in primo luogo, far riferimento al concetto della smart home basata sull'uso di tecnologie informatiche in cosiddetti *loop brevi*: un controller che decide su alcune azioni in base alle informazioni ricevute da un sensore e un attuatore che agisce di conseguenza. Tali sistemi domotici che connotano le *case intelligenti* mirano alla massimizzazione delle prestazioni abitative, concentrandosi sulle tecnologie di automazione, «spesso senza però rispettare l'equilibrio e l'usabilità generale del sistema, costringendo gli utenti ad affrontare complesse e incomprensibili procedure di controllo e programmazione» (Zannoni, 2018).

Dalla fine degli anni '80 sono state sviluppate tecnologie che consentono di cambiare dinamicamente le performance dell'edificio: ne sono esempi le facciate dei media, le strutture cinesiche, i *Building Automation Systems*. Definizioni quali edifici senzienti, adattivi, dinamici, sono state indistintamente utilizzate in letteratura per intendere soluzioni tecnologiche capaci di dare risposta alle mutevoli condizioni climatiche. I cosiddetti involucri responsivi capaci di reagire a stimoli esterni (umidità, sole, calore) attraverso il comportamento di un materiale continuo che basa la propria distorsione su membri flessibili¹, modulano le prestazioni con soluzioni dinamiche che possano essere attivate a seconda della presenza di particolari condizioni.

Ma oltre a motivi di sostenibilità energetico-ambientale, possono entrare in gioco fattori che promuovono altri orientamenti comportamentali. Consideriamo infatti che gli abitanti cambiano, di solito, in cicli di decenni; i loro stili di vita in cicli di anni; le loro attività e i modi di usare l'edificio per stagione; hanno i loro ritmi settimanali e durante il giorno si susseguono vicende diverse all'interno dell'ambiente domestico. Gli spazi dell'abitare hanno un lungo periodo di utilizzo e in questo lasso di tempo devono soddisfare una gamma dinamica di funzioni;

nonostante ciò sono concepiti come più o meno contenitori immutabili (Achten, 2019) in cui avvengono serie di eventi variabili e attività dinamiche. I metodi di progettazione convenzionali sono mal equipaggiati a tenere conto di tali istanze e le tecnologie passive sono capaci di coprire solo parte di esse. Come progettare non componenti, non involucri ma spazi domestici *responsivi* cioè capaci di dare risposta agli utenti nelle varie scale temporali grazie alla possibilità di interagire dinamicamente con il proprio ambiente sociale, naturale e costruito?

Il termine interazione è spesso usato per indicare tutto ciò che risponde a una sorta di *input* magari attivando dei comandi; tuttavia i progressi nella tecnologia contemporanea portano la nozione di spazi interattivi per l'abitare completamente a un nuovo livello attraverso componenti che possono muoversi, cambiare configurazione rendendo gli edifici più adattabili e sistemi digitali integrati che permettono uno scambio significativo di informazioni tra utente e spazio influenzando i cambiamenti in entrambi.

La nozione di interazione nello spazio, che attribuisce molta più dinamica all'edificio stesso, ha le sue radici nel lavoro di Cedric Price e Gordon Pask. *The Interaction Center*, di C. Price, realizzato nel 1971 a Kentish Town, fu uno dei primi esempi contemporanei di architettura cinetica, nata dalla visione dello stesso insieme a Joan Littlewood nel 1961, del *Fun Palace*, struttura educativa non realizzata che prevedeva di essere modificata secondo i desideri dei visitatori. Già nel 1969 G. Pask sosteneva che gli architetti avrebbero dovuto progettare sistemi piuttosto che edifici e pertanto consultare la cibernetica², aprendo a campi di applicazione fino a quel momento non ancora esplorati.

Il caso degli ambienti responsivi

Kolarevic (2015) definisce *responsiva* «la forma architettonica non più statica, pronta ad accettare il cambiamento. Il suo stato temporaneo è determinato dalle circostanze del momento, sulle basi di un processo attivato, un'intelligenza incorporata e potenzialità per il cambiamento. Viene creata un'architettura basata su un processo, la cui forma è definita dal comportamento dinamico dei suoi utenti e dalle mutevoli esigenze e condizioni ambientali; un'architettura che ha le caratteristiche di un sistema ecologico, che emula la natura e, pertanto, si impegna in una fusione di natura e cultura».

Molteplici sperimentazioni in atto basate sulle opportunità

¹ Si vedano gli studi inerenti gli *Adaptive Sensory Environments* di M.L. Lehman

² in "The Architectural Relevance of Cybernetics" del 1969 Pask descrive i suoi pensieri riferiti all'utilizzo della cibernetica nel campo dell'architettura

tecnologiche di interconnessione e apprendimento, seppur non realizzate come ambienti domestici ma opere d'arte o installazioni, lasciano prefigurare potenzialità dello spazio da valutare criticamente alla luce di future ripercussioni progettuali.

Si possono riscontrare due ampie famiglie di ambienti reattivi:

- *ambiente responsivo trasformabile*, caratterizzato dalla presenza di una o più componenti in grado di mutare configurazione fisica in base all'interazione con gli utenti. Uno dei primi esempi è la *Aegis Hyposurface* (dECOi 2007), una parete riconfigurabile che analizzando i cambiamenti ambientali e i movimenti delle persone risponde a questi stimoli producendo variazioni della parete attraverso l'utilizzo di sensori e pistoni computerizzati. Anche le esperienze guidate dal prof. Beesley, denominate *Near-living Architecture*³, restituiscono spazi in grado di interagire con gli input forniti dall'utente. Le sperimentazioni arrivano a delineare strutture in grado di configurarsi in modo autonomo, ecosistemico, simulando i comportamenti di un organismo vivente. Beesley introduce un'idea di responsabilità che si relaziona costantemente con l'ambiente, interrogandolo e verificando la presenza di una o più persone per reagire conseguentemente.
- *ambiente responsivo esperienziale*, caratterizzato dal coinvolgimento dei sensi dell'utente attraverso l'utilizzo di sistemi tecnologici di vario tipo e senza una necessaria riconfigurazione fisica dello spazio. L'ambiente offre una modalità di interazione immersiva attraverso l'impiego di tecnologie digitali, audiovisive, di comunicazione o di analisi dei dati fisiologici dell'utente. Il prototipo *ExoBuilding*⁴ è un modello interattivo basato sul *bio-feedback*, utilizzato per avviare esperimenti di lettura dei dati fisiologici e di interazione con gli utenti, finalizzato a potenziare la capacità di riposo degli stessi. In altri esempi, come i padiglioni dei NOX *Freshwater and Saltwater* (1997)⁵, l'interazione si basa su un processo continuo di calcolo che definisce attraverso immagini e suoni, un modello digitale di un corpo idrico costantemente modificato dalle informazioni provenienti dal mondo fisico attraverso il movimento delle persone in esso.

Progettare l'interazione nello spazio domestico

Nel regno domestico, l'interattività tende oggi a significare una moltitudine di connessioni e applicazioni mediatiche; circuiti sempre più estesi e complessi con tecnologie indossabili, Internet of Things e cloud computing che, convergendo, lasciano intravedere la possibilità di espandere notevolmente il potenziale degli ambienti costruiti di rispondere alle necessità abitative degli utenti (Achten, 2015). Come le reti infrastrutturali beneficiano delle mappe *crowdsourced* attraverso sensori ubiqui, l'ambiente domestico, ad esempio, potrebbe beneficiare del rilevamento dei flussi umani che lo percorre aprendo a una nuova esperienza interattiva degli occupanti con lo spazio, che diverrebbe in questo senso "un'entità di apprendimento adattativo". Sperimentazioni riscontrabili nella letteratura scientifica si stanno adoperando per sviluppare caratteri reattivi che consentano agli utenti di riconfigurare dinamicamente lo spazio fisico ad esempio attraverso interazioni gestuali, permettano di fornire comfort soggettivo (termico, visivo, acustico) rilevando

i dati degli utenti e interagendo con essi, applichino strumenti di sensibilizzazione per modificare il comportamento degli occupanti secondo parametri singolari di prevenzione della salute. Tale complessità di cambiamento, che sia graduale o improvvisa, evidente o senza soluzione di continuità, potrebbe rivelare un impatto notevole sui modi di abitare, richiedendo non tanto lo sviluppo di nuove tecnologie quanto piuttosto di immaginare possibili scenari a partire da inedite prerogative dello spazio:

- lo spazio fisico non può più considerarsi assoluto ed essere disgiunto dalla sua dimensione digitale; lo spazio *ibrido* si connota come tessuto connettivo tra le realtà dei "bit e degli atomi"⁶;
- gli elementi fisici e quelli virtuali tendono a fondersi «attraverso molteplici collisioni, in cui sia la *prossimità* che la *connettività* giocano un ruolo importante» (Ratti, 2017);
- l'ambiente costruito diventa un'interfaccia che esercita un ruolo attivo (sia digitale che materiale) nell'associare utenti, infrastrutture e dispositivi personali.

Ne risulta uno spazio per l'abitare profondamente diverso da quello finora sperimentato e che, incorporando sempre più intelligenza artificiale e forme di interattività, stabilisce una sorta di dialogo con i propri abitanti rivelando un impatto concreto sul modo di compiere azioni e relazionarsi. Seppur una realtà fatta di componenti elettroniche e informatiche sembra insinuarsi nel linguaggio dell'ambiente domestico, la vera sfida per la cultura del progetto sarà quella di confrontarsi con una realtà non tettonica (Ratti, 2017), in cui le piante e le sezioni non saranno sufficienti per delineare un sistema dinamico basato su criteri esperienziali e azioni intercorrelate. Sarà necessario pertanto elaborare, a partire dal trasferimento di linguaggi e traiettorie di osservazione di campi di ricerca affini, un *framework* di progettazione tentando di combinare attività, spazi e persone. Analizzando le funzionalità di interfacce applicative, si potrebbe iniziare con il tradurre tali capacità per lo spazio *ibrido*:

- *On-demand*: il pensiero spaziale *on-demand* implicherebbe che gli elementi funzionali siano a portata di mano al bisogno e scompaiono (mentalmente o fisicamente) quando non necessari. L'architettura responsiva dovrebbe consentire agli utenti di trovare la giusta funzionalità esattamente dove e quando ne hanno bisogno, superando il semplice riempimento di ampi spazi aperti con attrezzature multiuso;
- *Sensate*: proprio come le app utilizzano informazioni contestuali su tempo, posizione e ambiente per personalizzare le esperienze, gli spazi potrebbero avere lo stesso grado di intelligenza con la distribuzione di sensori e attuatori. Informazioni anonime su utenti e utilizzo possono aiutare gli spazi a "prevedere" l'uso e indirizzare gli abitanti verso i loro probabili obiettivi, curando esperienze uniche per diversi occupanti nello stesso spazio;
- *Networked*: un sistema unificato dovrebbe permettere l'interconnessione di tutti i dispositivi e sistemi intelligenti che permeano l'ambiente costruito;
- *Targeted*: le esperienze spaziali dovrebbero essere customizzate su ogni utente, anche quando coesistono nello stesso spazio molteplici funzioni.

Campi di opportunità completamente nuovi sfidano i principi tradizionali che governano la progettazione, spostando l'attenzione dall'«oggetto architettonico all'atto di abitare» (Bolbroe, 2016) inteso come processo di negoziazione e scambio tra manufatto, abitante e ambiente. Servono fattori nuovi di progetta-

3 cfr. il sito del *Living Architecture System*, <http://livingarchitecturesystems.com>

4 cfr. Schnädelbach H., 2012, *ExoBuilding*.

5 cfr. il sito dello studio NOX, <http://www.nox-art-architecture.com>

6 il riferimento è al contributo di H. Ishii in *The tangible user interface and its evolution*

zione da rintracciare in ambiti specialistici, diversi ma correlati, a cavallo di campi interdisciplinari. Un primo passaggio potrebbe riguardare il coinvolgimento dello *Human-Computer Interaction* (HCI), come introduce McCullough (2004) nel libro *Digital Ground*, per supportare il progetto nella direzione di ambienti costruiti maggiormente centrati sull'utente e riorientare la tecnologia in direzione degli esseri umani. Se da un lato i metodi dell'HCI propongono la ricerca di nuovi parametri di progetto per l'ambiente costruito introducendo concetti quali *la user experience* (UX), "stili di interazione" che un edificio potrebbe adottare superando la nozione classica di performance da soddisfare, dall'altro, quando si sposta l'attenzione da artefatti ad ambienti non può risultare sufficiente il mero cambio di scala dei parametri normalmente utilizzati per gli oggetti. L'immersività nello spazio digitalmente integrato richiede di rintracciare criteri per analizzare l'esperienza dell'utente aprendo a nuove sfide metodologiche per la cultura del progetto che dovrà necessariamente confrontarsi con istanze derivanti da altri ambiti, quali la Computer Science, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, ma anche la psicologia cognitiva e le neuroscienze per il design che, come sostiene Mallgrave (2015), considerano l'architettura, «una pratica incarnata, consentendo allo spazio architettonico di costituirsi attraverso un'esperienza emotiva e multisensoriale». Per un approccio progettuale integrato, si propone l'introduzione di criteri metodologici innovativi (Alavi, 2018) che tentano di ricondurre nell'ambiente costruito dell'abitare l'approccio HCI:

- sviluppo di un vocabolario dell'interazione per ambiti applicativi, funzioni e *framework* declinati sul dominio dell'ambiente costruito;
- individuazione di metodi e modelli per analizzare il comportamento dell'utente nello spazio costruito a partire dall'osservazione del movimento e delle modalità di manipolazione dei componenti fisici;
- elaborazione di "misure di usabilità dello spazio" da parte dell'utente sotto il profilo fisico-ambientale, spaziale-configurazionale, socio-culturale, sulla base dei criteri UX trasferibili.

I criteri individuati fanno dunque riferimento a esperienze maturate al di fuori delle pratiche relative alla dimensione domestica e si basano su studi e potenzialità offerte dallo spazio della salute, su alcune profilazioni comportamentali nell'utilizzo degli ambienti di lavoro (Alavi, 2017), o sulle possibilità nel migliorare la sicurezza e il bisogno di privacy all'interno degli spazi condivisi delle *care-home* (Henry, 2019). L'approccio suggerito vuole essere un punto di partenza per aprire criticamente una riflessione sulla trasformazione del presente e sul ruolo più o meno attivo che la cultura del progetto può assumere nell'orientare l'incorporazione della tecnologia digitale nelle nostre case. La tecnologia recede sullo sfondo e l'interazione diventa protagonista, indirizzando in maniera rinnovata l'attenzione alle persone e allo spazio domestico, centrale nel rispondere alle richieste di intimità, privacy, condivisione o socialità.

References

- Achten, H. (2019), "Interaction Narratives for Responsive Architecture", *Buildings*, vol. 9(3), pp. 9-66.
- Alavi H., Lalanne D. and Verma H. (2017), "Studying space use: bringing HCI tools to architectural projects", *Human Factors in Computing Systems*, proceedings of the 2017 CHI Conference, Denver, Colorado, May 2017, Association for Computing Machinery, New York, NY, pp. 3856-3866.
- Alavi H., Churchill, E., ... Schnädelbach H. (2018), "From artifacts to architecture", *Designing Interactive Systems*, proceedings of the DIS '18 Companion: Proceedings of the 2018 ACM Conference Companion

- Publication on Designing Interactive Systems, Hong Kong, June 9-13, 2018, Association for computing Machinery, New York pp. 387-390.
- Bolbroe, C. (2016), "Mapping the Intangible" in Dalton, N., Schnädelbach, H., Wiberg, M. and Varoudis, T. (ed.), *Architecture and Interaction*, Springer, Cham, pp. 205-30.
- Kolarevic, B., and Parlac, V. (2015), *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge Press, New York, NY.
- Mallgrave, H.F. (2015), *L'empatia degli spazi*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- McCullough, M. (2004), *Digital Ground*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Ratti, C. (2017), *La città di domani*, Giulio Einaudi Editore, Torino.
- Yang A. C. H., Lau, N., Ma, H. (2019), "Co-living for Ageing in Place: Mapping Privacy and Movement in a Long-Term Care Setting", *Design Revolutions*, proceedings of the International Association of Societies of Design Research Conference 2019, Manchester, September 2-5, 2019, Manchester Metropolitan University, Manchester.
- Zannoni, M. (2018), *Progetto e interazione*, Quodlibet Srl, Macerata.

3.b

ADAPTIVE SYSTEMS FOR FLOOD DEFENCE

Francesca Muzzillo¹

Abstract

The paper affords the problem of flood, from technology designing point of view, in order to redesign habitats capable to react in advance. The methodological approach is focused on a matrix of alternative previewed technological performances. The author indicates various aspects that create a reference framework: from the “amphibious systems” to past experiences into Roman culture, English Landscape tradition and Land Art. The strategies are verified through the BIG U project in Manhattan. A reference is found into digital experiences, specifically with reference to the field of Augmented Reality.

Keywords: Flood, Adaptive Technologies, Amphibious Strategies, Adaptable Performances, Augmented Reality

¹ DADI - Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, francesca.muzzillo@unicampania.it

Introduction

Avoiding floods is now a worldwide crucial problem. Floods, due to heavy rain, river overflowing, hurricanes or many others causes, are an increasing calamity everywhere. This is a very urgent field of application for Environmental Design, in which we need new findings. An innovative cultural movement is advancing with regard to this urgency, in order to redesign habitats which are capable to be prepared to react in advance. The conviction is that disasters response should also involve flexible and adaptive components put in place in order to vary their behavior when there is a danger. Designing needs not merely strategies for only controlling at the moment of the disaster, but also a trust on human capability of widely defending his patrimonial value while forecasting natural events.

This perspective could be pursued affording the force of the water with diverging segments, retractable closures, advancing or retreating components which are flexible in the extent that depends on the variability of water level (Watson and Adams, 2012).

Flexible Design for Flood Defense

An appropriate methodological approach for designing against flood should be focused on a strategy which could be capable to anticipate previewed technological performances, with well elaborated digital variability framework in the connection between flood events and a matrix of alternatives. The advanced strategy must be articulated into different phases, considered into a mathematic forecasting series of components behaviors: the first action is a reaction to what must be considered as an obstacle within a certain intensity of the hydrostatic pressure, while successively acting as a host basin after a determinate level of intensity has been overcome. The hypothetic variability of asset could be allowed through movable progression of small parts, serially connected by mobile and remodeling joint elements.

Anyway there are a lot of different aspects that create a complex critical framework in which this perspective could be practiced (Metz and Heuvel, 2012). Definitely it is assumed that it is difficult to exactly predict in advance the real dimension of an environmental disaster while designing a project which is effectively opened to various alternative possibilities for resisting to the variable intensity of the water force.

In order to afford this uncertainty there are references to al-

ready experimented strategies which have given proof of facilitating mitigation against flood. First of all, the contemporary so called “amphibious systems” which operate through a floating phase. The fundamental idea is to design variable assets which could have different detail configurations into the phase of flooding and during the rest of the year, in order to assume flexible behaviors. The series of International Conference on “Amphibious Architecture, Design and Engineering” are very interesting in order to awake attention to provide an «interdisciplinary platform for researchers, practitioners, and educators to present and discuss the most recent innovations, trends, and concerns as well as practical challenges encountered and solutions adopted in the fields of Amphibious Architecture, Design and Engineering Conference».

Moreover, as the outlined perspective is not absolutely new, investigations can be made in relation to established experiences: the whole Roman culture, which was permeated with the idea of “water as element of architecture”. Roman approach to water considered it as a dynamic element, because of its flexibility and its attitude to be exploited both from a functional and an aesthetic point of view. Let us think of *Piscina Mirabilis*, which is an unsurpassed example of storing water into a construction.

Referring to the past, the English Landscape Garden tradition can be considered the foundation of adaptive water management. In-fact the English Landscape Garden’s central focal point consisted of an artificially modified lake with apparently natural edges, that remained unaltered even when the level of water increased; the water management was guaranteed by hidden opening doors which were connected to collecting tanks underground.

Also the entire Dutch culture was permeated with the idea of an osmosis between land and water. The traditional idea was the use of a sequence of small elements with joints, in order to build constructions which were characterized by variable assets.

Nowadays, with these experience in our mind, the theme of flood defense is again of a relevant importance, not only as disaster strategy but also for an adequate defense design that can ultimately really improve the quality of places paying attention to community life. The analytic reference for social opportunities of flood defense strategies can be verified through the comparison with the case of the BIG U project in Manhattan. The project has been thought with the urgency of hurricanes but it is also an instrument of social life.

This project particularly indicates how an adaptive strategy

is valid both if we think of it in strict terms of static resistance, and if we give to the term “resistance” a broader meaning that includes the idea of urban life.

The capability of striking new balance can in fact also be adjusted with reference to the variability of climate and to the change of seasons, with accordance to the needs of community life, during spring and summer, of living into open spaces which, when there is no water, are opened to open-air life.

Finally, an adaptive technology with variable behavior of technical components, conforming built environment as a mobile system, could have an effective scientific impact on the definition of technological performances, because it inevitably changes the idea itself of “technology”, like a less deterministic process in the field of Environmental Design, making it a more adaptable system in which grades of unpredictable requirements are allowed.

Digital Flood Strategies and Augmented Reality

Augmented reality instruments could help in the direction of flood forecasting images in view of better reached three-dimensional knowledge with computer-generated data related to the physical world. Moreover, these strategies can be used as support in view of evaluation and as a straightforwardly comprehensible instrument for consequent choices in which the decisions are taken together with the community before flood event. (Nunes et al., 2018)

New tools and strategies are increasingly being experimented like, for example, at the University of Sheffield, Department of Landscape Architecture, in order to enrich traditional map-based instruments with the help of augmented reality, which can preview the performances of design choices in the phases of eventual disasters, with the visualization of forecasted flood levels and their consequences on the built environment.

With the help of AR filmic view of these effects it is possible to add supplementary information as in real time, previewing which can become the critical areas and so preparing the instruments for a risk decisional instrument.

Anyway, first experimentation into the field of water disaster with the help of augmented reality has been, indeed, done in the artistic field. Pioneering example is artist John Craig Freeman’s work, done in association with the augmented reality artists collective ManifestAR, exploring how digital networked technology can act for a new sense of place in case of flood. “Water wARs” with the work of Freeman was exposed during the 54th Venice Biennale Art with an exhibition with specific focus on augmented reality forecasting flood refuting problems.

An emblematic artistic digital works of augmented reality has recently been exposed by Fabien Léaustic at “Biennales des Arts Numeriques Nemo” in Paris: “La Terre est-elle ronde?”. As an artist and researcher he has worked with mathematical models for an augmented reality of water flowing effect. The result appears just surprisingly realistic as it was intended to do. In his words the feeling of being in a flood becomes clear: “Let yourself be submerged by the physical phenomenon of the flow”. In that way with the visual strength that art can assume, this image wants to communicate the message that, along with many other competences, we as artists, designers and common people are primarily involved in natural disasters management and prevention (Alvarez, 2019).

The reference to the birth of augmented reality experience in the flood topic looking at the artistic field has been useful to us for looking from a different point of view in these new perspectives. In fact, like sort of holograms, the simulation of water

in artistic experiences is often able to incorporate the infinite variability of fluid movements and their velocity into multimedia assets and it let expand visual limits between fluid and solid interaction. It results very useful also if transferred to the field of visualizing a possible future flood.

On the basic of artistic experience, also risk management through calculation of fluid movements can be foreseen in a more realistic vision of an immersive forecasting of possible reality with simulations of eventual movements allowing users to see and perceive the situation during a flood. It becomes so easier making decisions for safety in advance, giving a sharp understanding of simulated environments with the consideration of as much as possible dissimilar variables.

Making a risk in the environment appear almost as a more than real experience which let people, not only specialists but also citizens, improve understanding dynamic of the danger problem. In that way the sense of environmental responsibility of each one into a community can be increased.

Conclusions

A specific strategy is possible for flood defense to become an instrument to be available not only for technical management institutions, but also for citizens in case of preventing risks.

A synoptic approach has been indicated, which is able to guarantee appropriated interventions in case of flood. But a complex scientific protocol is necessary in this perspective, as digital innovative strategies have demonstrated to constitute a help, measuring with precision a matrix of possibilities of predictable events. Applying to the problem of flood, the unreal reality strategies, as Augmented Reality instruments, open a wider perspective in the case of Environmental Design, which is convenient also for other fields of application.

It is logical to employ technologically advanced systems, which improve emergency and mitigation actions. But the commonly used tools are not apt to communicate enough to everyone the data results in a comprehensible way. Furthermore, they are not always adaptable enough to futuristic scenarios providing sufficient visual information.

First of all, the informatics data should be based on previous activities of airborne remote sensing for the acquisition of hyperspectral images in order to value physical properties of territories with richness of information to be inserted into AR simulations. Then, for identifying the singularities of the natural and artificial elements, further investigations must be done elaborating data into variable digital frameworks.

Cognition of space into environments is possible and useful as AR is an easily instrument to be used for imagining changeable events in the natural world improving the spatial potential perception of citizens. But also a new grade of complexity must be added preventing flood, in order to institute a progressive process of reconnection between Built Environment and natural unpredictable events, as an osmotic regeneration process can influence even wider areas respect to those in which a risk is perceived.

Various levels of reaction can be interconnected in a strategic design process which is capable of letting a different distinctiveness rise from the waves of overlapped aspects like a vibrant instrument of communication, bound between people and their direct experience of the idea of “nature”. This perspective enlarges the horizon to an idea of social sustainability. Therefore, public participation plays a crucial role in the way of studying a flood management in which each solution is not simply added up, but also be put in a complex flow with permeability criteria.

And promoting interactions in overarching layout of possible experiences let design be considered not only as a strategy of arranging shapes with technical target, but also as an immaterial project of people experiences on a wider scale.

The Augmented Reality absolutely offers a relationship instrument between people behaviors and flood experts' management results, as throughout a flood phase the aptitude of people to respond with appropriate behaviors is also guided by a certain grade of acquaintance and visual performing of the possible scenarios, which AR can contribute to have by means of an easily comprehensible graphic lexicon for each one.

References

- Alvarez G., (2019), *Biennale des arts numériques nemo*, Centquatre, Paris.
- Haynes P., Lange E., (2018), "Mobile Augmented Reality for Flood Visualisation in Urban Riverside Landscapes", *JoDLA. Journal of Digital Landscape Architecture*, vol. 1, pp. 254-262.
- Metz T. and Van den Heuvel, M. (2012), *Sweet & Salt. Water and the Dutch*, NAI Publishers, Rotterdam.
- Nillesen A.L. and Singelenberg, J. (2011), *Amphibious Housing in the Netherlands: Architecture and Urbanism on the Water*, NAI, Rotterdam.
- Nunes I.L., Lucas R., Simões Marques M. and Correia N. (2018) "Augmented Reality in Support of Disaster Response". *Advances in Human Factors and Systems Interaction*, proceedings of the AHFE 2017 International Conference, July 17–21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, CA, pp. 155-167.
- Soria, C. and Roth, M., (2018) "Unreal Reality: An Empirical Investigation of Augmented Reality Effects on Spatial Cognition in Landscape Architecture", *Journal of Digital Landscape Architecture*, vol. 3, pp. 150–162.
- Watson, D. and Adams, M. (2010), *Design for Flooding: Architecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Flooding and Climate Change*, Wiley & sons, Hoboken, NJ.

TECNOLOGIE DIGITALI E NUOVO SPAZIO PUBBLICO: IL CASO DELLA LOGGIA

Mirko Romagnoli¹

Abstract

Il contributo, estratto da una ricerca dal titolo “The Urban Canopy: dispositivi per la qualità urbana nello spazio pubblico della città contemporanea”, analizza le possibilità di integrazione tra tecnologie digitali innovative e dispositivi urbani. La ricerca si concentra sul modello tipologico della loggia urbana descrivendo nuovi modelli architettonici in grado di offrire risposte sia in termini socio-relazionali che ambientali.

Keywords: Urban canopy, Loggia urbana, Micro-architettura, Spazio pubblico, Dispositivi urbani, Tecnologia integrata

¹ DiDA - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, mirko.romagnoli@unifi.it

Il background della città intelligente

Impetuosi processi di trasformazione hanno investito negli ultimi decenni le città occidentali influenzando negativamente sulla qualità dell'ambiente urbano. L'influsso dei radicali mutamenti sociali, segnati da cospicui fenomeni di inurbamento e migrazione intercontinentale, gli effetti del cambiamento climatico e le conseguenze della cosiddetta rivoluzione digitale, hanno avuto profonde ripercussioni sullo spazio fisico della città. L'avvento delle tecnologie digitali ha determinato rilevanti modifiche al modo di vivere gli spazi pubblici in città. Le ICTs hanno prodotto evidenti trasformazioni sociali ed economiche modificando gli stili di vita delle persone. L'uso di internet come strumento principale per accedere ai servizi, l'uso privilegiato di piattaforme *social* per la comunicazione e lo scambio interpersonale, hanno determinato la possibilità di relazionarsi con gli altri e di svolgere molte azioni quotidiane all'interno di una sfera sempre più privata, causando un progressivo allontanamento degli abitanti dagli spazi pubblici. In realtà, lo spazio digitale non si è ancora del tutto sostituito allo spazio fisico. Al contrario, proprio in risposta alle suddette problematiche sociali ed ambientali, si sta sempre più riaffermando una rinnovata necessità di spazi di vita all'aperto. Afferma Fulvio Irace: «La “piazza telematica” non ha mai sostituito davvero l'agorà urbana: la riscoperta della vitalità dello spazio pubblico come arena sociale testimonia che la solidarietà si accompagna necessariamente al contatto e l'irruzione della fisicità rivela i limiti della realtà virtuale. L'esaltazione della società liquida ha fatto dimenticare la necessità del limite; mentre l'apologia movimentista dei flussi ha paradossalmente messo in luce l'urgenza di individuare i nodi entro i quali la rete trova i suoi naturali punti di consistenza» (Irace, 2014).

Tuttavia, l'innovazione tecnologica digitale, applicata alla gestione dei fenomeni urbani e al design dello spazio pubblico tramite la messa a sistema dei flussi di energia, di mobilità e d'informazione (Harrison et al., 2010), coinvolge molti aspetti dell'urbanità: mobilità, energia, qualità edilizia, efficienza delle infrastrutture, sistemi di comunicazione e gestione dei dati (sul traffico, sul clima, sulle risorse, ecc.).

Micro-architettura urbana: interfaccia fisica e digitale

Lo spazio urbano, per sua natura adattivo e resiliente, necessita di una sua continua modificazione in relazione ai cam-

biamenti sociali e tecnologici che periodicamente colpiscono il percorso evolutivo della città. La città post-digitale è una città mutante che, in un'ottica di sostenibilità urbana, richiede un'azione sul costruito che non stravolga le forme e la struttura della città esistente. In linea con questa prospettiva si inserisce la rinascita dell'“architettura a zero cubatura”: una concezione di progressiva smaterializzazione dell'architettura che diventa sempre più un dispositivo sensoriale oltre che spaziale (Mosco and Aymonino, 2006).

Recenti modelli di rigenerazione urbana sostenibile propongono calibrate azioni puntuali che, in contrasto con la macro-scala tipica dell'urbanistica tradizionale dei piani, tentano di ordinare, gestire e talvolta estetizzare la complessità che caratterizza la sfera sociale e la rivoluzione tecnologica che la pervade. Interventi urbani alla micro-scala possono stimolare una fruttuosa integrazione tra capacità creativa e conoscenza scientifico-tecnologica, necessaria allo sviluppo resiliente e strategico delle aree urbane della città contemporanea. Questo quadro di periodica trasformazione rende necessario lo studio dei “dispositivi architettonici” in termini di adattamento dell'ambiente urbano a usi nuovi e non codificati dello spazio pubblico. Il progetto di “arredo urbano”, tradizionalmente inteso come oggetto di design industriale, si inserisce in una complessa problematica di carattere ambientale che coinvolge a pieno la pratica architettonica e la progettazione tecnologica integrata. Questo scenario produce profonde trasformazioni sui modelli architettonici tradizionali, trasformando i dispositivi urbani in interfacce tecnologiche capaci di rendere lo spazio urbano esponenzialmente più interattivo e quantitativamente più accessibile, acquisendo inedite e molteplici possibilità di azione e significato.

Secondo Yona Friedman (2008) la sparizione degli spazi coperti in ambito urbano testimonia che la città contemporanea è “senza cuore”, perché rinuncia a ciò che fa funzionare il mondo urbano come un organismo sociale. Per tale ragione, la ricerca approfondisce lo studio della loggia urbana *freestanding* quale dispositivo urbano ideale dal quale far emergere potenzialità di sviluppo in termini di innovazione sociale, sostenibilità ambientale e rivoluzione digitale¹.

Questo tipo architettonico ha avuto negli ultimi decenni una forte diffusione (Fig. 1).

L'analisi generale di queste sperimentazioni progettuali ha messo in evidenza due principali approcci ideativi: da una parte la visione del dispositivo urbano come *landmark* urbano, o più

¹ Nel superamento della settorializzazione degli ambiti di ricerca sul tema della loggia urbana e nella riconnessione tra istanze socio-culturali, innovazione tecnologica e questioni ambientali risiede l'aspetto più originale della ricerca.

spesso, come mero oggetto di design; dall'altra la produzione di logge urbane monofunzionale altamente tecnologizzate che rispondono a singoli problemi scientifici, ad una unica domanda

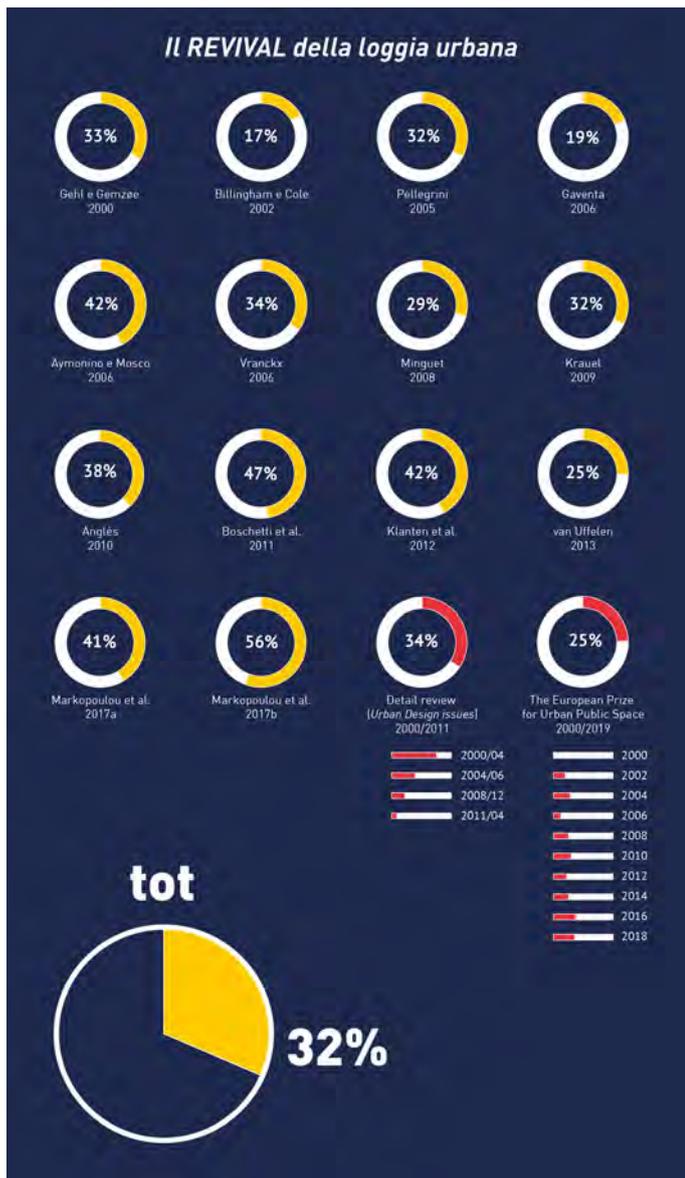


Fig. 1

d'uso e a logiche di sviluppo fortemente settorializzate². Lo stato dell'arte denota una grave mancanza di relazione tra le istanze della ricerca tecnico-scientifica e gli intenti socio-culturali ed estetici dei programmi di rigenerazione urbana.

La loggia urbana: le 4 vie dello spazio coperto digitale

Alcune *best-practices* ad alto contenuto tecnologico digitale offrono, al contrario, casi esemplificativi di come valorizzare le capacità comunicative e interattive dell'esperienza spaziale, migliorando contestualmente i livelli di efficienza e sostenibilità della struttura in termini energetici e climatici. A partire da questi casi la ricerca definisce una radicale inversione di marcia che mira al superamento della settorializzazione degli ambiti della ricerca per approdare ad un approccio multifunzionale ed integrato al progetto (Fig. 2).

La ricerca europea *Active Public Space*³ illustra come la tec-



Fig. 2

nologia «is used to increase communication and interaction and space experience and to increase sustainability, turning the development and uses of public space into an interactive process» (Markopoulou et al., 2017, p. 41). L'uso di tecnologie innovative consente di concepire strutture interattive che rispondono in tempo reale agli *input* esterni incentivando sia l'interazione oggetto/fruitori che quella oggetto/ambiente esterno.

La ricerca analitica degli strumenti tecnologici per lo sviluppo digitale di nuovi modelli di copertura urbana nell'ambito di azioni di rigenerazione urbana sostenibile, ha condotto alla differenziazione di quattro differenti pattern tematici. La loggia urbana mostra possibilità di innovazione in termini di:

1. qualità comunicativa;
2. qualità energetico/ambientale;
3. qualità climatica;
4. qualità economiche di produzione.

Il primo campo di applicazione si basa sull'idea di aumentare attraverso interfacce multimediali l'interazione tra l'oggetto architettonico e la persona, innescando un vero e proprio coinvolgimento fisico. Le tecnologie digitali possono coinvolgere e/o visualizzare dati relativi al comportamento delle persone: la loro applicazione consente anche di trasformare l'uso individuale dei *social media* come occasione di socializzazione e incremento dell'uso dello spazio pubblico. Le strumentazioni integrate possono fornire, ad esempio, informazioni utili per migliorare la comprensione del luogo da parte dell'utente. La possibilità di leggere attraverso dati digitali le condizioni spaziali in tempo reale in relazione alle condizioni di uso – agenti atmosferici, ora del giorno, numero di fruitori, ecc. – costituisce un fattore gestionale non di poco conto. Le ITC aprono anche a nuove tecniche di progettazione. Il supporto tecnologico di *software* come Space Syntax, ad esempio, permette la cattura di dati relativi alle attività stazionarie e i flussi dei fruitori utili per una lettura anali-

² Sono numerosi gli esempi di logge per la produzione di energia elettrica tramite sistemi solari passivi, per il recupero delle acque piovane fino alle più avveniristiche strutture di copertura urbana finalizzate alla produzione di organismi commestibili.

³ *Active Public Space* è una ricerca co-finanziata dalla Comunità Europea con il patrocinio dell'Institute for advanced architecture of Catalonia (IAAC), il Centre for Central European Architecture (CCEA) di Praga e la University of Applied Arts Vienna (UAAV).



Fig. 3



Fig. 4

tica delle configurazioni spaziali in relazione all'attività umana.

La seconda via riguarda la definizione di nuovi paesaggi urbani indirizzati al contenimento delle problematiche ambientali. D'altronde, tutta la storia della progettazione urbana si basa proprio sul connubio tra abitare e gestione delle risorse⁴. Si tratta, non solo di indirizzare le scelte progettuali verso il minimo spreco di risorse energetiche non rinnovabili, ma di integrare l'uso di tecnologie digitali che, reagendo con l'ambiente circostante, favoriscano la produzione di energia pulita in modo da rendere autosufficiente il sostentamento energetico dell'intera struttura e dei suoi apparati tecnologici.

Un altro *cluster* tecnologico applicativo è rappresentato dall'approccio "meteorologico" ovvero al concepimento della loggia urbana come dispositivo di termoregolazione del microclima urbano (Rahm, 2009). Questa via di sviluppo si pone principalmente come strumento di contrasto al fenomeno dell'UHI (*Urban Heat Island*). Il controllo passivo del microclima sull'area coperta è proprietà intrinseca alla loggia urbana. L'applicazione di dispositivi attivi di controllo microclimatico – come nebulizzatori, radiatori, convettori d'aria, ecc. – rappresentano un vero e proprio *toolbox* per il raffreddamento, il riscaldamento, la deumidificazione e la riduzione dell'inquinamento dell'aria (Walliss and Rahmann, 2016; Rahm, 2009).

Il quarto *cluster* si basa invece sulle possibilità di sviluppo legate ai sistemi di calcolo digitale, che consentono la sperimentazione di sistemi costruttivi e di concepimento geometrico e formale del tutto nuovi, specialmente per dispositivi urbani di dimensioni ridotte. L'innovazione risiede non solo nei programmi di modellazione ma anche nei sistemi di fabbricazione, che può essere anch'essa digitalizzata. L'uso di stampanti 3D, taglio laser e macchine a controllo numerico di ultima generazione sulla base di disegni computazionali rappresentano un contributo di innovazione importante. La fabbricazione digitale può agire su due fronti: la produzione del materiale stesso, oppure incidere sulla lavorazione di materiali esistenti, come l'acciaio e il legno. Prendiamo ad esempio la tettoia urbana disegnata da NIO architecten per Hoofddrop in Olanda o le sperimentazioni dell'ICS (Institute for Computational Design) e l'ITKE (Institute of Building Structures and Structural Design) dell'Università di Stoccarda, particolarmente attive nella ricerca sul campo. I due esempi forniscono un duplice modello di approccio alla produzione di componenti in stampa 3D: l'uno "sottrattivo" scava la forma disegnata da un solido pieno, attraverso l'ausilio di macchinari a controllo numerico (CNC); le tecnologie "additi-

ve", invece, elaborano il codice matematico della modellazione digitale producendo il componente fisico, aggiungendo strati di materiale *layer by layer*.

Poche strutture costruite dimostrano la possibilità di sviluppare coperture urbane in grado di rispondere contestualmente ad esigenze socio-culturali, di gestione ed estetiche. *L'Ecological Ecoboulevard* di Ecosistema Urbano, ai margini di Madrid, è uno degli esempi più completi e può essere considerato un vero e proprio esempio di dispositivo-loggia ad alto contenuto tecnologico ed alto impatto sociale. In questo progetto tre grandi strutture del diametro di circa 20 metri funzionano come isole di raffrescamento per la vivibilità dello spazio pubblico (Fig. 3). Si trovano al centro del grande viale di un'espansione urbana di nuova formazione e fungono da pagliativo in attesa che l'alberatura piantata raggiunga, nell'arco di 20 anni, la grandezza sufficiente a creare l'ombra necessaria per la vivibilità dello spazio. Sensori ed altri sistemi digitali raccolgono le informazioni necessarie per registrare la presenza di persone e le caratteristiche del micro-clima interno per poter azionare i vari sistemi di raffrescamento installati: tende, vaporizzatori, tubolari d'aria, ventole, ecc. (Fig. 4). In maniera similare, Philippe Rahm sviluppa i dispositivi per il controllo climatico del *Jade Eco Park* a Tai-chung. Quindici diversi dispositivi riducono uno dei parametri climatici di raffreddamento, deumidificazione o pulizia dell'aria. Migliaia di sensori sono collocati ogni 50 metri per raccogliere informazioni in tempo reale sulla temperatura e l'umidità ed azionano automaticamente i dispositivi quando necessario. I dati raccolti generano anche una mappa virtuale, accessibile su *smartphone*, che indica le particolari condizioni climatiche di ogni area, consentendo ai visitatori di adattare la loro passeggiata alle loro esigenze.

Conclusioni

Ci dice Rifkin che «nella storia dell'umanità le grandi trasformazioni sono avvenute nei momenti in cui l'avvento di un nuovo regime energetico ha coinciso con un nuovo sistema di comunicazione» (Rifkin, 2007). Nomadismo culturale e il rapporto spazio-tempo, fortemente ridotto dalla rivoluzione tecnologica digitale, si sono trasformati in motori di contaminazione culturale e di trasformazione fisica dell'ambiente urbano. Una corretta progettazione dei dispositivi di copertura urbana in contesti rigenerativi richiede oggi un accrescimento delle condizioni di accessibilità e permeabilità fruitiva dello spazio aperto e, al

⁴ Sono numerosi gli esempi di logge per la produzione di energia elettrica tramite sistemi solari passivi, per il recupero delle acque piovane fino alle più avveniristiche strutture di copertura urbana finalizzate alla produzione di organismi commestibili..

contempo un miglioramento delle componenti ambientali e micro-climatiche dello stesso. Gli scenari descritti dimostrano che la loggia urbana può assumere una posizione rilevante nel disegno dello spazio pubblico contemporaneo se progettata attraverso un approccio eco-sistemico e di innovazione sia tecnologica che sociale (Fig. 5).

La ricerca è stata condotta dall'autore del testo contestualmente al Dottorato di Ricerca conclusosi nell'Ottobre del 2019, presso la Scuola di Dottorato in Architettura dell'Università di Firenze

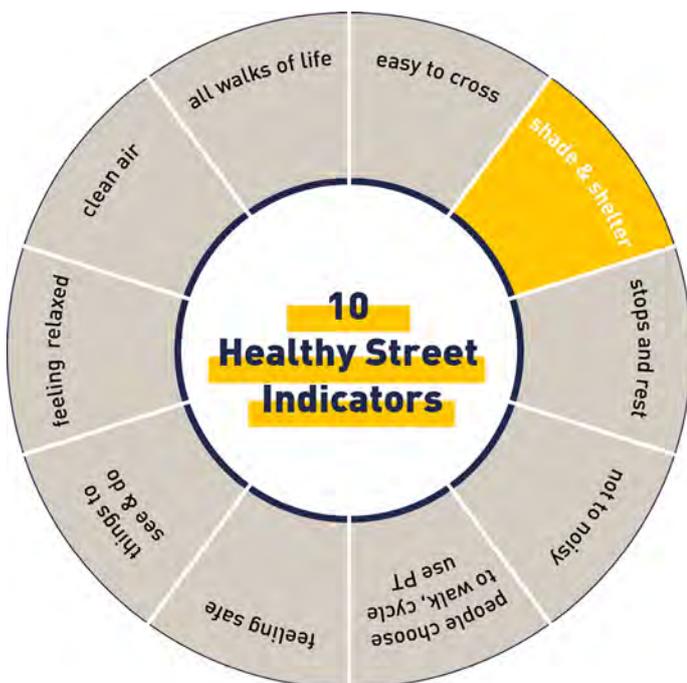


Fig. 5

References

- Aymonino, A. and Mosco, V.P. (2006), *Spazi pubblici contemporanei. Architettura a volume zero*, Skira, Milano.
- Friedman, Y. (2008), *Utopie realizzabili*, Macerata: Quodlibet.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J. and Williams, P. (2010), "Foundations for smarter Cities", *IBM Journal of research and development*, vol. 54, (4), pp. 1-16.
- Irace, F. (2014), "Dateci spazio, ma che sia pubblico", in G124 (2014), Periferie. Diario del rammento delle nostre città, Report 2013-2014.
- Markopoulou, A., Farinea, C. and Marengo, M. (eds) (2017), *Active Public Space: State of Art and Best Practices Collection*. Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, Barcelona.
- Rahm, P. (2009), *Architecture météorologique*, Archibooks, Paris.
- Rifkin, J. (2007), "Libera energia in libera rete", *L'Espresso*, n. 37, Settembre 2007.
- UN Habitat (2016), *Urbanization and development: Emerging futures. World city report 2016*, Nairobi.
- Walliss, J. and Rahmann, H. (2016), *Landscape architecture and digital technologies re-conceptualising design and making*, Routledge, NY.

Fig.1 - Il grafico indica le percentuali di diffusione in campo progettuale del tipo architettonico della loggia urbana basato sull'analisi di sedici pubblicazioni scientifiche di settore sul tema dello spazio pubblico, pubblicate dopo il 2000 e selezionate per capacità distributiva. Il totale indica la media dei progetti pubblicati che incentrano la trasformazione urbana sullo sviluppo di un dispositivo di copertura.

Fig.2 - Sintesi schematica del rationale della ricerca.

Fig.3 - Una delle tre strutture dell'Ecoboulevard di Vallecas, a Madrid, durante un evento musicale. © Ecosistema Urbano

Fig.4 - Le tre strutture attivano automaticamente i sistemi di raffrescamento attivo grazie a dei sensori che rilevano la presenza di persone e i gradi temperatura e umidità dell'aria. © Ecosistema Urbano

Fig.5 - Modello delle principali proprietà necessarie per il miglioramento del benessere fisico e mentale nello spazio pubblico urbano basato sugli indicatori dell'Healthy Streets Approach™ sviluppato da Lucy Sounders. In giallo è evidenziato l'oggetto cardine della ricerca. Fonte: <https://healthystreets.com/home/about/>

INTERAZIONI UOMO-FAUNA NEGLI SPAZI URBANI UN HABITAT INNOVATIVO PER PIAZZA ADRIATICO

Maria Canepa¹, Andrea Giachetta², Adriano Magliocco³, Veronica Puppo⁴

Abstract

Il paper propone una ricerca che reinterpreta il rapporto tra ambiente artificiale (abitato dall'uomo) e ambiente naturale (abitato da flora e fauna), cercando un equilibrio attraverso la generazione di habitat innovativi. Una progettata convivenza con alcune specie target attraverso strutture 'artificiali' potrebbe avere effetti positivi in relazione alla conservazione della biodiversità urbana, potenziando i servizi ecosistemici in relazione al comparto agroalimentare e rispondendo, allo stesso tempo, ad una crescente domanda culturale di convivenza interspecie.

Keywords: Animal, Human, City, Adaptation, Coexistence, Habitat

¹ DAD - Dipartimento Architettura e Design, Università di Genova, maria.canepa@edu.unige.it

² DAD - Dipartimento Architettura e Design, Università di Genova, andrea.giachetta@unige.it

³ DAD - Dipartimento Architettura e Design, Università di Genova, adriano.magliocco@unige.it

⁴ DAD - Dipartimento Architettura e Design, Università di Genova

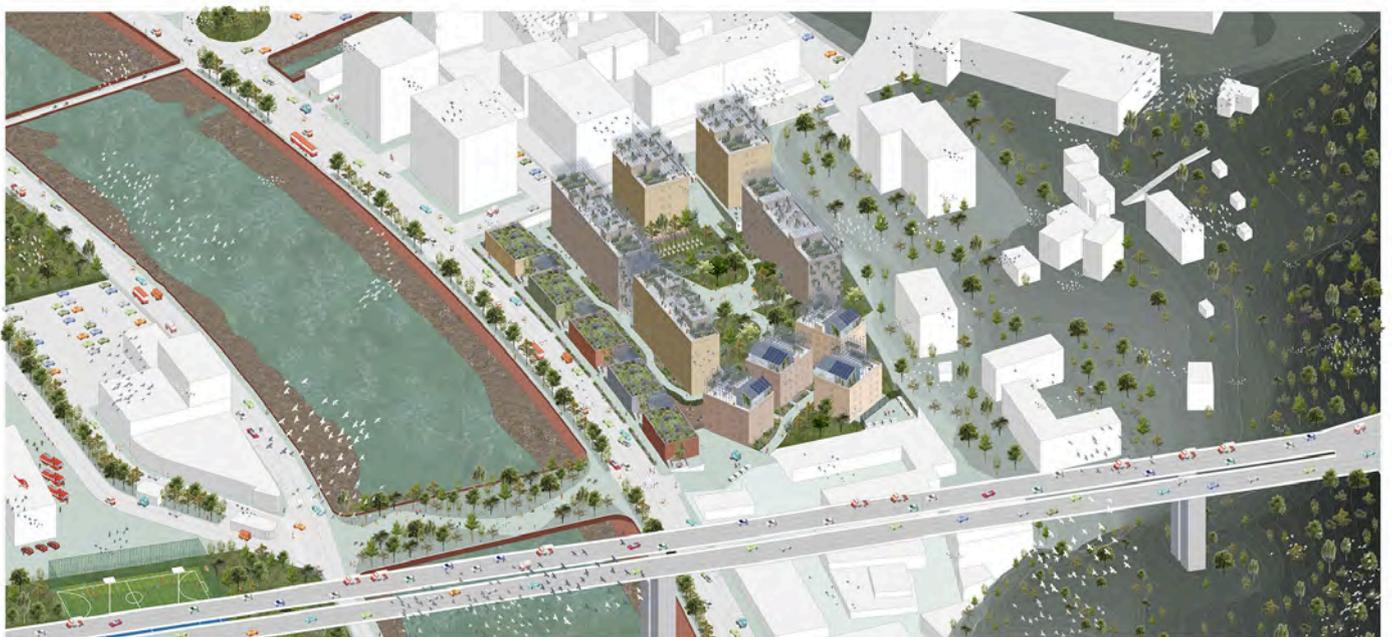


Fig. 1

Nuovi habitat urbani

La necessità di conservazione e ripristino degli ecosistemi urbani è al centro di numerose strategie internazionali per la sostenibilità, come l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (OSS), la Conferenza delle Nazioni Unite Habitat III sull'edilizia e lo sviluppo sostenibile o la Convenzione sulla diversità biologica, attraverso il piano strategico per la biodiversità 2011–2020 (Grunewald et al., 2018).

I principali effetti negativi dell'urbanizzazione sulle specie animali riguardano: i disagi generati dall'interferenza diretta della presenza umana, che causa illuminazione artificiale e rumore; l'introduzione di specie aliene o specie domestiche, come cani e gatti, che sono importanti predatori per piccoli rettili, piccoli uccelli e mammiferi; l'elevata mortalità stradale e la ridotta capacità di movimento a causa di barriere infrastrutturali; le alte concentrazioni di inquinanti chimici e fisici che colpiscono gli animali; la perdita e la frammentazione degli habitat (Cardinale et al., 2012).

Allo stesso tempo le aree verdi urbane possono fornire nuovi habitat per numerose specie. Il rapporto uomo animale nella città contemporanea, ma soprattutto nella città del futuro, è oggetto di studio di numerose ricerche applicative contemporanee portate avanti in Germania a Kassel (Weisser and Hauck, 2017), che integrano le competenze del settore dell'architettura con quelle di altri ambiti disciplinari come la biologia e la botanica. Questo tipo di approccio acquista maggior significato se si presuppone che il futuro degli insediamenti umani sarà sempre di più di tipo urbano: nel 2012 la popolazione urbana ha superato la popolazione rurale mondiale e questo divario è destinato a crescere nei prossimi decenni.

Secondo Weisser e Hauck (2017), la biodiversità è alla base di molti dei servizi ecosistemici necessari per il benessere dell'uomo. Sebbene ci sia un'attenzione crescente per la progettazione di infrastrutture verdi in ambito urbano, non è ancora chiaro come tali infrastrutture possano essere implementate per aumentare il grado di biodiversità: normalmente sono progettate con un focus primario sulle specie vegetali, sugli aspetti estetici e sulla funzionalità nei confronti degli utenti. La conservazione delle specie animali gioca solo un ruolo minore, oppure costituisce una limitazione al progetto. Per questa ragione viene proposto dai ricercatori tedeschi una metodologia *Animal Aided Design* (ADD) per la progettazione di spazi aperti urbani, da integrare nella pianificazione dello spazio aperto. L'idea di base del AAD include la presenza di animali nel processo di pianificazione, le specie target, in modo tale che siano parte integrante del progetto e selezionate all'inizio del processo di pianificazione e non prese in considerazione a progetto terminato, diventando un vero e proprio vincolo di progetto.

Il tema è spunto per progetti concreti, per intere aree urbane come nel caso di Hammarby Sjostad a Stoccolma, ma soprattutto per visioni utopiche (Klanten and Feireiss, 2011), in grado di immaginare nuovi habitat per le città del domani che reinterpretano la visione strettamente antropocentrica che regola il rapporto uomo-animale oggi. Questo concetto si trova alla base di recenti esperienze didattiche e progettuali, come il caso della ricerca *Milano Animal City* del Politecnico di Milano, guidata da Stefano Boeri e ispirata all'esperienza del grattacielo Bosco Verticale. Il tema dell'adattamento e dell'evoluzione dell'ecosistema urbano in relazione a nuove dinamiche di interazione può essere utilizzato da un punto di vista didattico nella formazione dei giovani architetti. La ricerca *Milano Animal City* è partita dall'esigenza di una convivenza fra diverse specie animali e vegetali nel contesto urbano, chiedendo agli studenti

di immaginare spazi che possano permettere la ricolonizzazione da parte della natura della città. Ovviamente tale convivenza non può essere estranea a conflitti e contraddizioni, implicando dinamiche influenzate da un punto di vista etico, artistico, architettonico, e tecnologico. L'esito dei progetti si concretizza in visioni, anche futuristiche, che non necessariamente forniscono risposte ma che fanno emergere nuove domande e provocazioni (Boeri, 2016).

Valori naturalistici e territorio antropizzato in Liguria

Già dai primi anni '90 del secolo scorso – con la direttiva Habitat 92/43/CEE – si è istituzionalizzata una visione delle caratteristiche naturalistiche del territorio, definendo aree con diverse caratteristiche, valori e modificabilità. Tale direttiva (Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche), ha lo scopo di salvaguardare e proteggere la biodiversità, prevedendo l'istituzione da parte degli Stati membri, di una serie di siti da proteggere denominati Siti di Importanza Comunitaria (SIC) – trasformabili in Zone Speciali di Conservazione (ZCS) – destinati a far parte di una rete ecologica comunitaria denominata Rete Natura 2000 (RN2000). Regione Liguria, con la LR n.28 del 10 luglio 2009 “Disposizioni per la tutela e valorizzazione della biodiversità”, ha fornito gli strumenti per l'attuazione delle specifiche direttive europee. Tale norma ha istituito la Rete ecologica regionale, individuando i collegamenti ecologici funzionali tra i SIC, ad oggi in Liguria diventate ZSC e Zone di protezione speciale (ZPS).

La Liguria è una tra le poche aree europee in cui sono rappresentate tre regioni biogeografiche e che a tutti gli effetti può essere definita ad elevata biodiversità. Questa diversificazione di ambienti si riflette in una ricchezza di specie animali e vegetali, la cui importanza viene fatta emergere grazie alla loro individuazione proprio come ‘emergenze naturalistiche’. Questi habitat ‘prioritari’ rischiano di scomparire dal territorio e per la cui conservazione la Comunità Europea ha una responsabilità particolare a causa della loro importanza a livello comunitario. Per salvaguardare queste risorse naturali sono stati istituiti in Liguria 126 SIC (27 dei quali in ambito marino) e 7 ZPS per la tutela degli uccelli selvatici, che insieme ricoprono una superficie di circa 133 mila ettari e costituiscono la RN2000 per la Liguria.

Visualizzando il territorio regionale su una mappa, una foto aerea o satellitare, appare evidente come il denso inurbamento costiero ligure costituisca una cesura tra gli habitat di terra e quelli marini e acquatici (torrentizi). Lo “spessore” dell'inurbamento è però variabile. Prendendo ad esempio l'area genovese, per estensione la più grande della regione, si può osservare come in molti punti l'area urbana, stretta tra la collina e il mare, si riduca a poche linee di edificato. Nella concezione di rete ecologica, tali aree “sottili”, potrebbero ridiventare parte della rete stessa, assumendo il ruolo di stepping stone, qualora il tessuto edilizio potesse ridefinirsi secondo regole di maggiore complessità con una presenza di vegetazione autoctona superiore a quella normalmente ospitata, ma anche attraverso una varietà morfologica tale da permettere l'insediamento autonomo non solo di specie vegetali ma anche di specie animali.

I servizi ecosistemici del mondo vegetale stanno sempre più diventando parte delle strategie progettuali che vedono le cosiddette *nature based solutions* come possibile strumento di mitigazione delle ricadute del cambiamento climatico in ambiente urbano e delle emissioni in atmosfera dovute agli impianti termici e di produzione industriale oltre che alla mobilità. Molto meno evidenti sono i servizi ecosistemici legati alla biodiversità



Fig. 2

animale. Ma è noto come ogni essere vegetale e animale abbia uno specifico ruolo in un habitat. L'approccio all'inclusione di un maggior numero di specie animali nello spazio antropizzato, in una visione avanzata della biodiversità urbana, può avere diverse motivazioni. L'inclusione di aree vegetate nello spazio urbano o di infrastrutture verdi sull'edificato vede, tra i vantaggi, un potenziale incremento di specie volatili ed entomologiche, sebbene tale incremento è spesso limitato da fattori ambientali o antropici. Si considera infatti l'aumento della fauna come una conseguenza dell'inserimento di aree vegetate e non come principale – o paritario – obiettivo.

La metodologia ADD ha come obiettivo invece quello di ospitare specie non domestiche in grado di convivere con l'uomo con un reciproco scambio di servizi. Le specie più presenti nello spazio urbano sono generalmente specie commensali, con le quali non esiste un rapporto di mutua utilità, considerate spesso invasive, dannose o semplicemente fastidiose per l'uomo.

La ricerca intende analizzare le esperienze di convivenza con diverse specie animali, delineando possibili percorsi futuri attraverso una simulazione progettuale localizzata a Genova. Il sito, stretto tra collina e il torrente Bisagno, è un'area di edilizia sociale decisamente bisognosa di riqualificazione, pertanto si è immaginata una sperimentazione atta a porre in sinergia obiettivi di ridefinizione del comfort degli utenti, miglioramento della qualità ambientale e una serie di interventi di integrazione edilizia basati anche sulla volontà di attrarre, ospitare (in serena convivenza) e monitorare mediante strumenti digitali, il transito di specie animali non commensali, ridefinendo una connessione tra la collina, il torrente e l'area verde della località di Staglieno.

Un'idea per Piazza Adriatico

Grazie alla sua morfologia eterogenea e alla sua storia geologica, la Liguria, è una regione ove è rilevabile un elevato numero di specie animali e vegetali endemiche, cioè esclusive di territorio, ben 420 e tra di esse 88 sono endemismi di tipo puntiforme, cioè presenti in un'area più piccola di due chilometri quadrati. Questa unicità crea al contempo un notevole problema di spazio, ed è uno dei motivi per cui la città e il territorio



Fig. 3

antropizzato, che è da sempre in via di espansione, si sono estesi in lunghezza e non in profondità.

Negli anni questo processo ha ignorato l'importanza della connessione delle zone di rilievo ambientale, biologico ed ecosistemico (Fig.1).

Una delle zone emblematiche caratterizzate dalla frammentazione e dalla divisione di alcuni ecosistemi di importante funzione della rete ecologica ligure è la valle del torrente Bisagno. Si pone come naturale collegamento tra l'entroterra e la costa, creando un corridoio ecologico, una naturale zona di passaggio per la fauna e un bacino ricco di vegetazione.

La fauna è caratterizzata prevalentemente da uccelli stanziali e uccelli migratori i quali sfruttano il bacino del torrente per spostarsi e trovare rifornimento e habitat. Le sponde del torrente Bisagno risentono molto dell'attività antropica che caratterizza l'assetto orografico della valle (Fig. 2).

Il territorio ha subito nel tempo importanti modifiche: disboscamenti; cementificazione; restringimento dell'alveo e la copertura di alcune zone e dei piccoli torrenti e dei rivi che dai monti scendono verso il litorale. Questo ha fatto sì che si venisse a creare una vera e propria divisione tra ambienti naturali non antropizzati, il loro conseguente isolamento e l'allontanamento dal corridoio ecologico del torrente. Piazza Adriatico¹ è caratterizzata da un agglomerato urbano composto da 13 palazzi ad uso residenziale (edilizia sociale), in una zona ad alto rischio alluvionale poiché sotto il livello di piena del fiume.

La porzione di valle presa in esame dalla ricerca portata avanti è compresa, ad est dalla montagna di Quezzi, presente nella RN2000, importante corridoio ecologico per le specie di ambienti boschivi, è una core area con tappe di attraversamento per diverse specie. Ad ovest, dalla collina di Staglieno, con presenza di habitat della RN2000, incluso nel Parco delle mura, vi è un'importante Area Naturale Protetta d'interesse locale inserita nel contesto urbano.

La metodologia ha previsto la raccolta di dati digitali provenienti dal repertorio Cartografico della biodiversità e degli habitat della RN2000² sono stati analizzati la situazione attuale del sito e la rete ecologica che lo caratterizza, individuando le

1 Piazza Adriatico è stata oggetto di approfondimento per un esercizio progettuale nell'ambito di una tesi di ricerca, portata avanti da Veronica Puppo e coordinata dagli autori dell'articolo.

2 cfr. ambienteinliguria.it

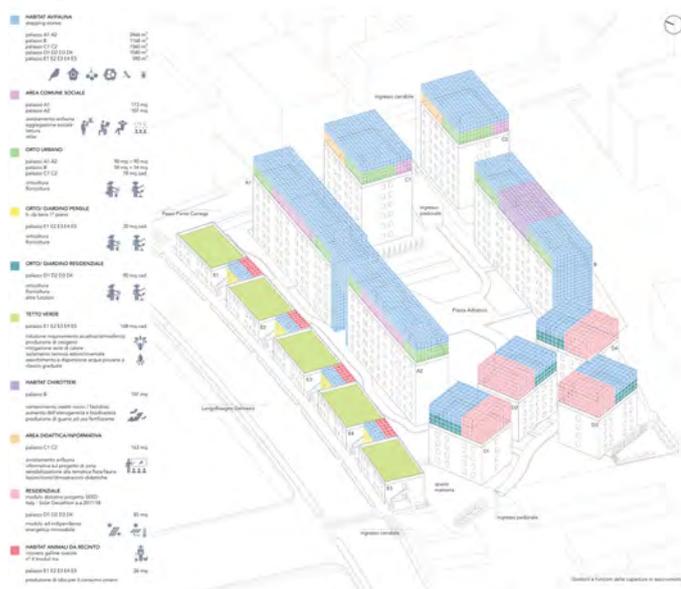


Fig. 4

zone a maggior rilievo per la salvaguardia dei siti di interesse comunitario della RN2000.

L'area presenta alcune criticità che contribuiscono alla perdita di biodiversità e all'emarginazione di ambienti ecosistemici, come l'adiacenza alla strada urbana di scorrimento ad alta densità di traffico. Allo stesso modo il cavalcavia dell'autostrada E80, che sovrasta parte dell'area, determina un taglio questa volta trasversale, contribuendo notevolmente alle conseguenze dell'inquinamento acustico e atmosferico.

Essendo una zona a scarso interesse storico ed architettonico, con presenza preponderante di infrastrutture, con edifici di basso pregio, è stato possibile immaginare di attuare una riqualificazione che andasse a rivalorizzare l'intera area.

Dopo aver svolto analisi ecosistemiche tramite il repertorio cartografico digitale della cartografia regionale ligure dello stato della biodiversità territoriale regionale³, i temi principali che sono scaturiti e su cui si è basata la metodologia della ricerca sono: il miglioramento, nell'ambito periurbano dell'habitat naturale e la costituzione di reti ecologiche di connessione per il riequilibrio naturale e il miglioramento dell'ambiente; la gestione sostenibile dei territori urbani significativi e nodali per la persistenza di biodiversità, che devono essere collegati attraverso corridoi ecologici ed elementi di ricucitura urbana; il mantenimento e l'incremento di habitat idonei alla sosta in periodo migratorio; la riduzione del peso del fattore antropico sull'ecosistema con la protezione del territorio e della fauna locale (Figg. 3, 4).

Il progetto verte quindi sulla ricostituzione della connessione persa tra i due habitat principali della RN2000 limitrofi al sito di progetto.

Le due core areas ad alta naturalità nelle quali sono presenti importanti corridoi ecologici continui devono ritornare a connettersi tra loro e collegare le loro aree di appartenenza, consentendo la mobilità delle specie, degli elementi biotici e l'interscambio genetico.

Coerentemente con la necessità di non erigere altri fabbricati che andrebbero ad impattare sul territorio, si è pensato di adibire, attraverso interventi puntuali architettonici, le coperture e alcuni prospetti a tetto e facciate verdi. Questo processo architettonico fa sì che si crei un corridoio verde discontinuo, attraverso *stepping stones*.



Fig. 5

L'idea di utilizzare una sovrastruttura intelligente, espediente utilizzato anche dal gruppo di progettisti ChartierDalix (2019), che si è occupato di integrazione della fauna nel progetto, permette di risolvere il problema della frammentazione, garantendo la ricucitura di alcuni habitat, intervenendo a scale e a quote diverse (Fig. 5). Tale struttura cerca di coniugare l'elaborazione di un progetto architettonico con elementi propri della biologia, studiando gli habitat e le specie *target* da reintrodurre e includere, ma non rinunciando ad un atteggiamento visionario e utopico, attualmente in forte tendenza tra i progetti che si occupano di queste tematiche.

La scelta è quella di utilizzare una griglia in legno a sezione variabile in base alla scala di applicazione, che sia in grado di assolvere a diverse funzioni: sostegno per il verde rampicante e in vasca, rifugio per le specie *target*, sistema di ombreggiamento e di sosta per gli abitanti (Fig. 6). Il secondo elemento che permette la coesistenza degli abitanti con le specie *target* è la differenziazione delle quote dei percorsi: i tracciati pedonali di accesso sono sopraelevati e realizzati con un sistema di passerelle grigliate: questo permette la circolazione delle specie *target* ad una quota inferiore senza cesure e sbarramenti.

Infine, si prevede anche un elemento di unione che sia capace di riunire gli argini del fiume, attraverso una connessione ecologica, rappresentata da un nuovo ponte pedonale inverdito.

Conclusioni

Il tema della separazione tra ambiente urbano e ambiente rurale ha stabilito un confine tra la presenza dell'uomo e la presenza della flora e della fauna, creando un antagonismo tra specie viventi. La sfida per i nuovi habitat urbani del futuro è quello di comprendere come accogliere le specie viventi, sfruttandone i servizi ecosistemici, ma allo stesso tempo garantendone il benessere, attraverso delle strutture "artificiali", che diventano strumenti materiali per la progettazione e che devono essere affiancati da elementi digitali. La digitalizzazione delle informazioni è fondamentale per implementare, ad esempio, i dati relativi alle specie *target*, monitorandone la presenza mediante applicazione, e relativi alle condizioni topografiche delle aree di intervento. In questo processo ha un ruolo fondamentale il coinvolgimento degli utenti, che assumono

3 cfr. <http://srvcarto.regione.liguria.it>



- Ossola, A. and Nemelä, J. (2018), *Urban Biodiversity, from research to practice*, Routledge, New York.
- Then, C. (2016), “Städte Der Zukunft; Animal-aided Design”, *Form*, vol. 264, pp. 88-90.
- Weisser, W. and Hauck, T. (2017), “Animal-aided Design - Using a Species Life-cycle to Improve Open Space Planning and Conservation in Cities and Elsewhere”, *BioRxiv*, vol. 15, pp. 1-14.

Fig. 6

necessariamente un ruolo attivo per la gestione degli spazi aperti e che allo stesso tempo possono essere sensibilizzati sulla presenza e sulla funzione simbiotica di specie target presenti.

References

- Boeri, S. (2016), “Down from the stand: towards a nonanthropocentric urban ethic”, available at: [http:// https://milanoanimalcity.wordpress.com/](http://https://milanoanimalcity.wordpress.com/) (accessed 9 February 2020).
- Cardinale, B., Duffy, E., Gonzalez, A., Hooper, D., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G., Tilman, D., Wardle, D., Kinzig, A., Daily, G., Loreau, M.J.G., Larigauderie, A., Srivastava, D. and Naeem, S. (2012), “Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity.” *Nature*, vol. 486, pp.59-67.
- Chartier, F., Dalix, P. and Deramond, S. (eds) (2019), *Hosting life. Architecture as an ecosystem*, Park Books, Paris.
- Grunewald, K., Li, J., Xie, G. and Kümper-Schlake, L. (2018), *Towards Green Cities. Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany*, Springer, Berlin.
- Klanten, R. and Feireiss, L. (2011), *Utopia Forever: Visions of Architecture and Urbanism*, Gestalten, Berlin.

Fig. 1 - Vista assonometrica complessiva del progetto.

Fig. 2 - Masterplan del progetto.

Fig. 3 - Schema delle funzioni del piano del parco.

Fig. 4 - Schema delle funzioni delle coperture.

Fig. 5 - Sezione e prospetto degli edifici di Piazza Adriatico.

Fig. 6 - Dettaglio dei moduli componibili.

IL “LATO B”

DA UNITÀ TECNOLOGICA MARGINALE A MOTORE RIGENERATIVO SISTEMICO-RELAZIONALE

Paolo Piantanida¹, Antonio Vottari²

Abstract

All'interno delle riflessioni critiche che gravitano attorno alla scomoda se pur necessaria presenza del patrimonio edilizio abitativo del secondo dopoguerra, in buona parte affetto da un deficit ancor prima qualitativo che prestazionale, il contributo individua nel lato B un terreno favorevole per una concreta occasione propulsiva di rigenerazione, la quale affonda le proprie radici sulla necessità di privilegiare un'istanza di miglioramento funzionale che orienti l'involucro edilizio posteriore verso una dimensione relazionale ecosistemica dello spazio esterno.

Keywords: Involucro verticale, Resilienza, Prosemica, Metodo digitale, Rigenerazione, Habitat urbano

¹ DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, R3C - Responsible Risk Resilience Centre, Politecnico di Torino, paolo.piantanida@polito.it

² DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, R3C - Responsible Risk Resilience Centre, Politecnico di Torino, antonio.vottari@polito.it

Premessa

Il patrimonio edilizio del dopoguerra è nato da una cultura immobiliare che ha concepito in antitesi la facciata su strada e il retro dell'edificio “il lato B”, demandando alla prima la funzione di vessillo formale e valoriale, mentre al secondo la sola chiusura verticale senza forti logiche progettuali e compositive.

A proposito di edifici, con “lato B” si prende a prestito un'espressione che era comune nel mondo dei supporti per la riproduzione audio analogica (LP, cassette ecc.) e oggi di fatto inapplicabile al mondo dell'audio digitale (il CD non ha un lato B, non a caso), come se la tecnologia digitale non ammettesse gerarchizzazioni o distinzioni tra un lato A e B. E qual è il ruolo del progetto nell'adattamento degli edifici all'era digitale e che cosa è digitale? E la digitalizzazione, anche del progetto, è strumento o metodo?

Il valore metodologico dell'approccio digitale è per gli autori assai prevalente sul valore strumentale che la fascinazione per nuovi strumenti può produrre. “Digitale” deriva dall'inglese *digit*, cifra, per sua natura elemento discreto, non continuo. La ricaduta sul progetto della discretizzazione necessariamente introdotta dallo strumento digitale non è fenomeno nuovo: dovunque una prestazione venga espressa mediante “attributi” (classi) in luogo di “variabili” (misurandi continui) è introdotta una discretizzazione della scelta progettuale, come nel caso delle mazzette colore in luogo delle coordinate cromatiche del sistema Munsell. Qualsiasi discretizzazione, e quindi qualsiasi digitalizzazione, comporta la perdita di qualche informazione (Sloane and Wyner, 1993): la digitalizzazione di un'informazione analogica passa necessariamente da un filtro che la discretizza. Cosa vada perso e perché è responsabilità del metodo (la concezione e il funzionamento del filtro, ad esempio) che lo strumento in sé non può risolvere, mentre apre possibilità dipendenti dall'applicazione più o meno automatica di algoritmi: questo può essere un rilevante vantaggio nella valutazione di alternative, ma in l'affidabilità della simulazione risente della qualità del dato introdotto. Nel settore delle costruzioni, l'aumento di applicativi dedicati alla mera verifica di rispondenza normativa rischia di ridurre la fase di scelta soggettiva e responsabile tra alternative possibili ad una meccanicistica selezione automatica, e perciò irresponsabile, della soluzione che è “rispondente alla norma”

e che può essere replicata in modo icastico proprio perché prescrittivamente accettabile a tutto svantaggio della responsabilità progettuale. I vincoli diventano così obiettivi progettuali, proposta e verifica si ribaltano e confondono: le informazioni filtrate sono allora quelle funzionali alla verifica di rispondenza e la discretizzazione si riassume nello stato binario 0/1, ossia “passa/non passa”. È già successo, ad esempio, per l'estensiva sostituzione dei serramenti dove il ruolo del progettista è stato scavalcato da algoritmi automatici di verifica fisicotecnica e de-pauperando spesso l'immagine dell'edificio ad es. per il sovrabbondante ingombro dei telai.

Il lato B tra reiterazione analogica e digitale

Molti modelli abitativi del passato si sono dimostrati virtuosi poiché originati localmente da esigenze soggettive piuttosto che da pianificazioni sovraordinate. È il caso ad es. delle borgate alpine o delle cascine a corte della Pianura Padana. Dato il carattere “sartoriale” di questi modelli abitativi, la loro propagazione sul territorio è avvenuta in modo spontaneo e differenziato, ma sempre secondo un processo evolutivo filtrato da ciascun soggetto e dalle sue esigenze circostanziate, conseguendo un sostanziale equilibrio della dicotomia “soggetto (abitante) – oggetto (abitazione)”.

La tipologia insediativa delle cascine padane pone al centro dell'organizzazione spaziale la corte, che possiede un forte carattere di funzionalità plasmato per favorire socialità e relazionalità spontanee, non obbligate, e diviene regola compositiva primaria, laddove i prospetti esterni denunciano in modo formalmente evidente il solo portone di accesso principale e sembrano quasi un “lato B” estroflesso.

Persa progressivamente la loro utilità, sono diventati luoghi dell'abbandono pur conservando quelle peculiarità che hanno reso questi modelli virtuosi, prime fra tutti quelle condizioni di resilienza e adattabilità intrinseca che oggi li sottopongono favorevolmente ad azioni di recupero funzionale (Centro Studi PIM, 2009).

Nel momento in cui la risposta all'esigenza abitativa, che potremmo definire come un segnale analogico continuo (anche nei casi in cui ha caratteristiche emergenziali), è gestita con una pianificazione irrigidita in logiche cartesiane, il processo proget-

tuale attua in modo non sempre consapevole o governabile una discretizzazione delle variabili “soggetto” e “oggetto”, esattamente come avviene nella tecnica di conversione analogico-digitale. La storia recente è ricca di casi-limite, perlopiù di edilizia abitativa pubblica, in cui la soggettualità è stata talmente discretizzata in stereotipi da essere annullata da azioni a-contestuali e con tendenza utopica. Tra questi, è attuale l'iconico caso delle Vele di Scampia (Napoli), in cui gli esiti di una ricerca sperimentale pluridecennale, sulla scia della tendenza megastrutturista tipica degli anni '60, è stata molto mortificata nella realizzazione (Sicignano, 1998; Russo, 2011).

Il dualismo soggetto-oggetto ha avuto in esito la replicazione seriale, numerica, identica (quasi un copia-incolla “protodigitale”) dell'astrazione di una cellula urbana: i soggetti sono divenuti oggetti, eliminando i margini di adattamento abitativo necessari all'instaurarsi della fondamentale relazione psicologica soggetto-oggetto. I soggetti, non identificandosi nell'oggetto e non riscontrando in esso una dimensione umana, ne hanno determinato la vanificazione dall'interno.

L'iconico “lato B” dei “vicoli” sospesi delle Vele di Scampia, pur divaricato dall'originario progetto Di Salvo – Morandi, sembrerebbe palesare criticità intrinseche: lì si sono riversate molte delle varianti sostanziali della fase realizzativa, impedendo di fatto il valore sociale dello spazio relazionale di collegamento tra gli alloggi, quello stesso spazio che ritroviamo nella corte della cascina o proprio nei vicoli di Napoli.

Il fallimento delle Vele, e la loro quasi totale demolizione, apre ad un nuovo processo di rigenerazione, i cui presupposti non potranno prescindere da una riaffermazione della centralità del soggetto.

Soggetti e oggetti di socialità nella rigenerazione edilizia

Il patrimonio edilizio esistente, con particolare riferimento alla facciata posteriore, può essere riletto sulla base della valenza relazionale e sociale dei paradigmi discussi nel paragrafo precedente. L'edificio non è solo “contenitore” passivo di abitanti, ma è soggetto sistemico che condiziona e favorisce, o impedisce, le relazioni tra i suoi utenti. In qualche caso il modello relazionale è diventato nel tempo molto ridotto: si pensi, ad es., al progressivo svuotamento di significato relazionale dei cortili e al ruolo dell'ascensore, molto meno socializzante di un percorso sulle rampe delle scale. Occorre chiedersi se il modello sociale attuale sia favorevole come nel passato a spazi comuni (Marro-ne, 2013): tra la realtà di “*personal*” *trainer*, *shopper*, *computer*, ecc. e la virtualità dei “*social*” *network*, gli spazi in comunione sono sfavorevolmente intesi come limiti all'autonomia del soggetto, quasi da renderlo oggetto, mentre i *social network*, attenuandone la responsabilità dietro l'anonimato del mezzo informatico, la esaltano fino all'arbitrio.

La mutazione di questi rapporti si sovrappone all'invecchiamento dei soggetti, alle nuove esigenze, al degrado prestazionale e all'obsolescenza dell'oggetto. Così facendo, la quarta dimensione (il tempo) impone una sorta di micro resilienza che spesso l'oggetto (patrimonio edilizio) non ha in misura sufficiente. Come operare?

Il mondo digitale permette di sistematizzare e smaterializzare un grande numero d'informazioni di rilievo di cosa è costruito e di cosa fa il costruito. In quest'ultimo caso le informazioni sono meno congetturali: non occorre ipotizzare uniformità di stratigrafie o indurre omogeneità di soluzioni tecnologiche; è sufficiente registrare con adeguata sensibilità e risoluzione il grado di soddisfacimento delle esigenze degli abitanti. Ciò implica un'attenzione sistemica e dinamica alle relazioni sogget-

to-oggetto: il soggetto esprime esigenze che mutano con continuità, l'oggetto risponde a seconda della propria capacità di adattamento (microresilienza) che ne rappresenta la vita utile. In mancanza di questa, il patrimonio edilizio esistente è destinato ad una crescente perdita di valore e di funzionalità.

Esigenze di mobilità per i disabili, integrazione di energie rinnovabili, di reti di comunicazione, di ecologia o attenzione al verde e di sostenibilità si sono enfatizzate a fronte di altre che si sono attenuate come, ad esempio, l'uso ricreativo degli spazi cortilizi, la raccolta centralizzata e indifferenziata delle immondizie, l'uniformità ed unitarietà gestionale dei servizi, ecc.: sostituire gli edifici può non essere la migliore opzione se valutata responsabilmente nel quadro di un approccio eco-sistemico diacronico al costruito. Ad esempio, uno nZEB che sostituisce un edificio energivoro e prestazionalmente superato implica conseguenze oltre il modello progettuale che si focalizza sul miglioramento del comportamento, anche attraverso *assessment* automatici facilitati dagli strumenti digitali. Se il progetto guarda necessariamente al futuro, la scelta responsabile non può prescindere dal passato e dal presente: la sostituzione integrale comporta, tra l'altro, un impatto ambientale locale per la decostruzione dell'esistente (inquinamento, energia, ecc.); un nuovo impatto ambientale in parte delocalizzato per il trattamento delle macerie e per la produzione e trasporto dei nuovi materiali e apparati; un depauperamento degli esiti di un “saper fare” e di un “saper progettare”; una predizione, talvolta automatica e per questo rassicurante (deresponsabilizzante?), delle nuove prestazioni che può non essere aderente alle istanze reali (ad esempio la necessità psicologica di un “fuori” provoca l'apertura incontrollata delle finestre anche in presenza di eccellenti impianti di VMC, compromettendo le prestazioni attese dell'oggetto reale); la propensione a oggettivare statisticamente i comportamenti soggettivi tanto più lo strumento digitale diviene sensibile, ve-



loce e vorace di dati, ecc. Quest'ultimo caso merita una annotazione: *smart building* e IoT hanno indotto processi decisionali con algoritmi alimentati dal controllo statistico di variabili che, anche se definito *smart*, è gestito da logiche previsionali (non a caso in francese *software* è *logiciel*) che possono approssimare comportamenti istintuali, ma non possono prevedere scelte influenzate dalle contingenze culturali, emozionali e subconscie della psiche umana.

La chiusura verticale dilatata a spazio funzionale

Se la demolizione integrale non appare praticabile, la possibilità di sostituire integralmente l'unità tecnologica della facciata posteriore può costituire un elemento connotante della rigenerazione di molti sistemi abitativi: l'involucro si dilata da elemento materico a spazio polifunzionale e mediatore di unità ambientali, spazi interni ed esterni controllati e propulsivi di valori relazionali tra le persone, con il verde, con i servizi del condominio ecc.).

La ricerca origina dalle esperienze europee di *re-cladding* (sostituzione) e *over-cladding* (sovrapposizione) di facciate esistenti, talvolta per un'estensione della superficie utile orizzontale (Lawson, 2008). Quando le addizioni di facciata diventano esoscheletri adattivi, l'intervento può aumentare significativamente la funzionalità delle unità abitative e, di conseguenza, il benessere e la qualità della vita di chi le abita (Ferrante et al., 2018; Feroldi et al., 2014).

Il Legislatore italiano si è spesso occupato di involucro, fino alla recente Legge 160/2019 che incentiva però lavori sulle sole facciate visibili dagli spazi pubblici. Restano escluse quelle verso cortile, il "lato B" appunto. Occasione perduta o opportunità? Gli interventi sulla facciata posteriore non hanno meritato una leva fiscale specifica e rischiano di rimanere sfavorevolmente fuori fuoco: invece, il minor numero di vincoli (ingombro a terra, sporti, ecc.) può essere occasione progettuale di feconda integrazione nell'edificio di un nuovo sistema di chiusura verticale posteriore che comprenda la maggior parte delle funzioni da riqualificare e rigenerare.

Su queste basi, la possibilità di demolizioni e ricostruzioni per unità tecnologiche non va esclusa ed anzi può avere un impatto assai positivo (meno demolizioni rispetto alla sostituzione edilizia, cantiere più celere, modesta necessità di delocalizzare gli abitanti, mantenimento del vissuto, ecc.) e un'accettazione facilitata anche in caso di proprietà frammentata (condominio), a sua volta supportata nella scelta dalla realtà virtuale e dalla validazione dei modelli predittivi prestazionali che gli applicativi informatici possono offrire. Modelli digitali interoperabili e integrati costituiscono un metodo progettuale e operativo che appare meglio controllare le incertezze e le interferenze necessariamente derivanti dalla progettazione di questi interventi.

Considerata, ad esempio, l'accennata perdita di valore relazionale e sociale degli spazi cortilizi, la destinazione della loro fascia limitrofa all'edificio per la ricostruzione di facciate posteriori che rispondano alla necessità di flessibilità e adattamento al contesto odierno è opzione aperta e, a parere degli autori, propulsiva per rigenerare i sistemi edilizi delle periferie urbane, e non solo.

La Figura 1 illustra una esemplificazione congetturale di sostituzione della facciata posteriore con un nuovo sistema spaziale che integri in ogni unità immobiliare, ad es. tramite un sistema di logge, nuovi servizi (fibra ottica, rete LAN, ecc.) e una ridistribuzione di quelli esistenti in modo orizzontale, favorendo ad es. la contabilizzazione diretta del calore e la gestione autonoma del riscaldamento, la contabilizzazione dei consumi idrici,

la distribuzione di acqua "tecnica" per lavatrici e sciacquoni in parallelo all'acqua potabile, ecc.. L'area esterna pertinenziale così offerta è adatta all'insediamento del verde e alla socialità familiare; con modeste modifiche distributive agli alloggi l'ingresso alle unità abitative potrebbe avvenire da questo spazio esterno privato, ad es. con la realizzazione di impianti ascensore adeguati all'uso dei disabili, integrati da pannelli fotovoltaici per la loro ecosostenibilità. Lo scopo sistemico-relazionale non è quello di costringere a socialità forzate, ma anzi di mediare la dimensione relazionale dello spazio esterno permettendone una gestione soggettiva, responsabile e "personal" (come ad es. nel torinese *25 verde*, di L. Pia).

Conclusioni

L'intento di questo scritto è di orientare il metodo della modellazione digitale, che per sua natura può valutare le prestazioni attese di una molteplicità di soluzioni, all'intenzione del progetto, ossia del "gettare per", contributo personale e responsabilità del progettista.

La digitalizzazione delle informazioni e la loro gestione con mezzi automatici rende più facile la ricognizione dinamica dello stato del patrimonio edilizio ma, aumentando la quantità di informazioni gestite, ne rende espliciti i limiti: modellazioni apparentemente di grande risoluzione possono essere di affidabilità modesta per la concreta impossibilità di indagini a tappeto sul sistema tecnologico ed impiantistico e sulla psicologia dell'abitare. La sostituzione integrale dell'edificio parte invece da un modello predittivo virtuale (privo di validazione rispetto al comportamento reale), intrinsecamente affidabile che supera la questione della conservazione ad ogni costo di sistemi edilizi obsoleti e del loro adattamento microresiliente ai bisogni dell'abitare. Nel mezzo, la possibilità di sostituire l'involucro edilizio verticale è occasione propulsiva per la rigenerazione di molti sistemi abitativi esistenti, soprattutto in riferimento alla facciata posteriore, facendo evolvere l'involucro da unità tecnologica "conclusa" a mediatore di unità ambientali, spazi prossemici noti e controllati interni/esterni di valore sistemico e relazionale (persone, verde, gestione responsabile ecc.).

Le strategie di contenimento epidemico hanno peraltro mostrato i limiti relazionali delle facciate del patrimonio edilizio indagato: sono state l'unica interfaccia possibile con il "fuori" per chi "resta a casa", quasi contrastandone il tentativo di contatto tangibile con l'esterno ad es. nella partecipazione ai *flash mob* originati nel virtuale dei *social network*. Il "lato B" può essere ripensato come sistema flessibile, resiliente e portatore di un esterno prossemico e noto (controllato), anche attraverso la previsione e modellazione digitale, utile a valutare tra l'altro la rispondenza al mutare dei bisogni sociali, senza però trascurare il controllo responsabile del metodo che Vittorio Gregotti (1927-2020) era solito raccomandare con l'affermazione «con il computer non si arriva all'essenza delle cose» (la Repubblica, 2017) e, per gli autori, neanche si gestisce la psicologia dell'abitare.

References

- Centro Studi PIM, (2009), "Le cascate di Milano verso e oltre Expo 2015", available at: <http://www.pim.mi.it/le-cascate-di-milano-verso-e-oltre-expo-2015/> (accessed 11 March 2020).
- Feroldi, F., Marini, A., Belleri, A., Passoni, C., Riva, P., Preti, M., Giuriani, E. and Plizzari, G. (2014), "Miglioramento e adeguamento sismico di edifici contemporanei mediante approccio integrato energetico, architettonico e strutturale con soluzioni a doppio involucro a minimo impatto ambientale", *Progettazione sismica*, Vol. 5 (2), pp. 31-47.
- Ferrante, A., Mochi, G., Predari, G., Badini, L., Fotopoulou, A., Gulli, R. and

- Semprini, G. (2018), “A European Project for Safer and Energy Efficient Buildings: Pro-GET-onE (Proactive Synergy of inteGrated Efficient Technologies on Buildings’ Envelopes)”, *Sustainability*, vol. 10, pp. 1-26.
- Marrone, V. (2013), “L’abitare come relazione sociale: il significato della casa e i processi di coesione sociale di vicinato”, Tesi di dottorato di ricerca in Sociologia, Università di Bologna.
- Russo, V. (2011), “Scampia: ancora sul destino delle Vele di Franz Di Salvo”, *Ananke*, vol. 63, pp. 162-164.
- Sicignano, E. (1998), “Le Vele di Scampia, ovvero il fallimento dell’utopia”, *Costruire in laterizio*, vol. 65, pp. 368-373.
- Shannon, C.E. (1993), “Coding theorems for a discrete source with a fidelity criterion,” in Sloane, N. J. A. and Wyner, A.D. (eds.), *Claude Elwood Shannon: Collected Papers*, IEEE Computer Society Press, Silver Spring, MD, pp. 325-350.
- Steel Renovation (2008), “Renovation of Buildings using Steel Technologies (ROBUST)”. available at: http://www.steelrenovation.org/FinalSummaryReport/RT1389_ROBUST_Final_Report_2011_Oct.pdf (accessed 16 March 2020).

APPLE DEVELOPER ACADEMY: COMPUTATIONAL DESIGN FOR THE DIGITAL GENESIS OF SMART ENVIRONMENTS

Luciano Ambrosini¹

Abstract

The design paradigm-shift towards a procedural status is the result of design, becoming structurally defined by the dynamic behaviours of the users and by the endogenous and exogenous environmental features of the architectural project. Systematizing these peculiarities is the prerogative of computational thinking as it is capable of coding them into parameters and rules for the project. This paper goes into the genesis of the smart environments designed for the Apple Developer Academy in San Giovanni a Teduccio (NA) as the new hi-tech centre of the University of Naples Federico II.

Keywords: BIM, Computational design, Data design, Model sharing, Smart environment, Apple Academy

¹ i-Mesh - textile for soft Architecture, Numana, luciano.ambrosini@outlook.com

Computational Design: strategy or design technique?

This paper refers to the cooperation contract stipulated between *Apple International Distribution* and the University of Naples “Federico II” thanks to the technological design consultancy provided by DiARC¹. The interactive dimension experienced through the computational approach has made possible to outline different project scenarios and experiment flexible processes capable of driving a critical and cognitive analysis about the spatial requirements of the main environments of the Academy, too.

In order to deal with the proposed case in detail, it is essential to provide a general and cultural overview of the computational approach to design and architectural fields.

The design paradigm-shift towards a procedure status (Naboni and Paoletti, 2015) and, therefore, a way of working with the elements that articulate the digital project represents a topic that promotes a vision of architecture as a programming instrument for the production of transformations, changes and, possibilities, too. (van Hinte et al., 2003, pp. 134-135). The formalisation of this status is the result of a process defined by the dynamic behaviour of users and by the endogenous and exogenous environmental peculiarities of the architectural project. In this way the design in the Digital Age migrates from the simple management of the model to the model-making defining process. A flexible approach to architectural design, as an optimization process, as an information management and as a software interoperability, is the result of the computational thinking philosophy able to convert all these aspects into parameters and rules useful to make a well-structured and conceived project successful.

In this way, the design in the Digital Age draws new life from computational thinking and, basically, from theoretical principles and practical actions well-known as “design strategies” and “design techniques” (Sevaldson, 2005).

The design strategies, as Sevaldson argues, are intended to observe an adaptation law to the general conditions of the given task (project constraints). The design techniques, on the other hand, tend to affect the tactical layer to approach the design. If the strategy is the way to identify the general objectives to be pursued, as well as the ability to identify the most suitable tools to achieve them, its implementation will require a choice

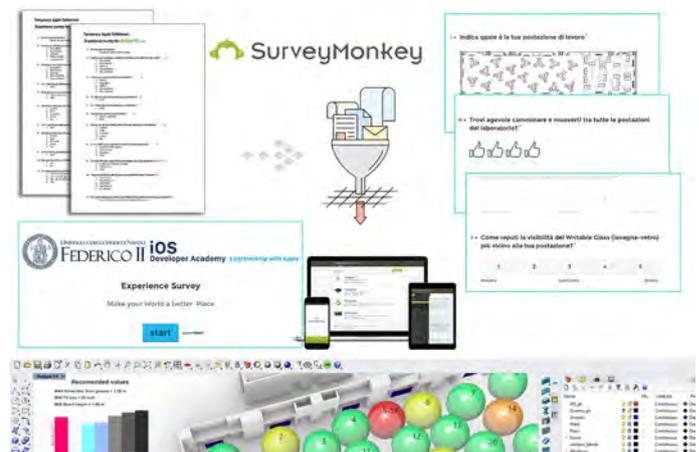


Fig. 1

of a specific process. So, the tactical layer inherent in digital design techniques concerns a dynamic action in which the process changes and adapts itself to the challenges (Sevaldson, 2005, p. 32).

The setting of new procedures is a useful practice to generate a well-motivated and contextualized theoretical outcome through the inclusion and integration of different elements involved into a project (environmental comfort, technological solutions, social behaviours, etc.). In the practical dimension, Sevaldson’s thinking considers the production of new design techniques following digital technologies progress. In this way, technicalities in terms of functions and constraints can be improved and computed in the design process. Instead, elaborating a design strategy requires a more specific cultural and visionary effort and, in this sense, the diagrammatic logic borrowed from the world of computer science (i.e. thinking algorithmically) facilitates the work of the digital designer, so, he can look at objects no longer as they are, but as a succession of events, helping to focus his attention on the process.

In the Digital Age strategies and techniques tend often to overlap. A conceptual metamorphosis of the meaning of the time, space and interaction and, consequently, of how they are intrinsically involved into the digital project, derives inevitably from this overlapping (Frazer, 1995, p. 8). The role and respon-

¹ Members of the DiARC technical committee (Dept. of Architecture are profs. Mario R. Losasso, Sergio Russo Ermolli and arch. Luciano Ambrosini (August 2016).

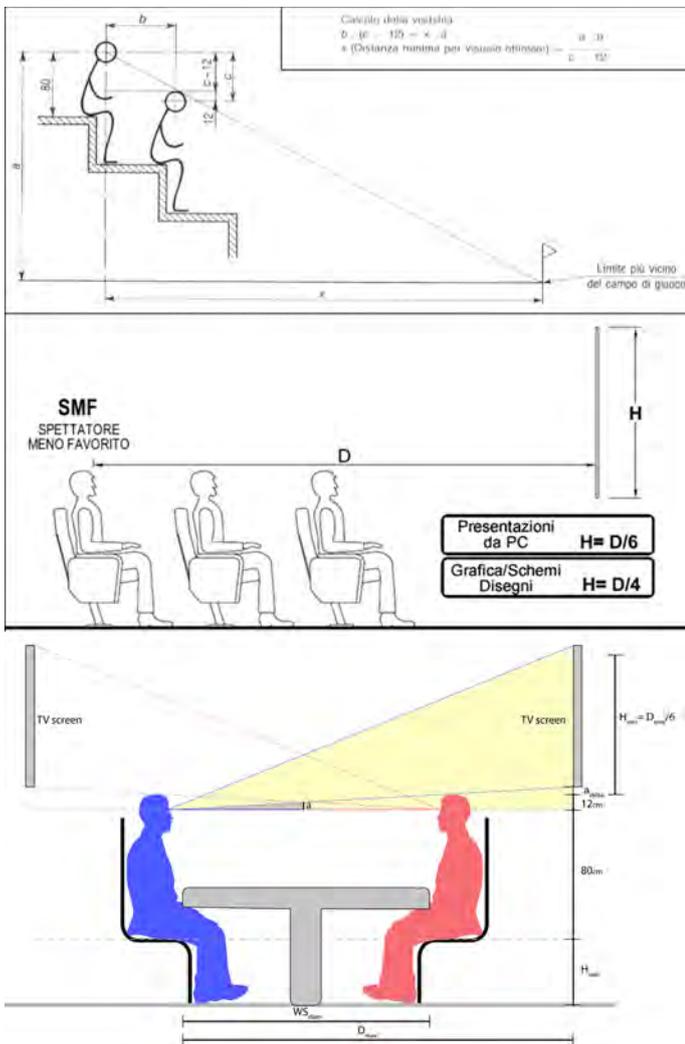


Fig. 2

sibilities of the digital designer increase significantly in this cultural scenario.

The computational approach, assisted by the conscious and never passive use of the software, has allowed, in the last ten years, to integrate directly the diagrammatic and syntactic features of the computer programming languages into the design workflow - from the *meta-design* phase to fabrication one. They greatly enhance the ability to comprehend natural and human habitats. Giving a sense to the observation of the built environment and its endogenous and exogenous dynamics allows the designer to formalize his own knowledge-models thanks to the application of typical concepts of computational thinking aimed to perform *problem-solving*. Thinking algorithmically is useful to define a cluster of solutions through an established and defined number of steps. It also demonstrates all its value when the designer wants to solve a recurring task and not just one-off.

Thinking algorithmically, therefore, represents the ability to think in terms of sequences and rules to solve problems or understand conditions and this is the real *core system* of the computational design.

Smart Environments: user experience, spatial optimization and construction management

The processes of digitization have great importance to frame the design issues, especially in this case-study, in order to share method and technical-design proposals with the University technical and administrative offices. To establish the technical and functional link between the environmental, technological and

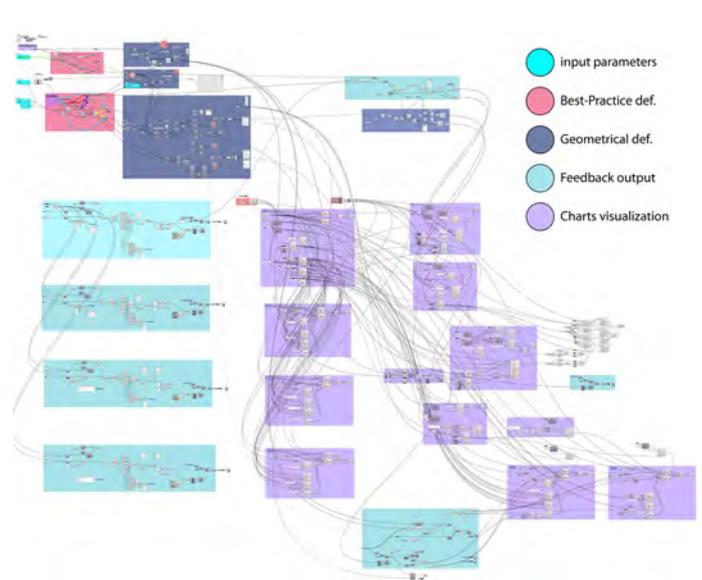


Fig. 3

social elements of the design actions it is a digital designer's duty, but to do so it could be useful to make a clear distinction between objectives and aims of the project before to start. Furthermore, it should consider that there can be no type of computational approach to design in the absence of a problem well discretized or well defined in its existence domain (Ambrosini, 2018).

The term "objectives" refers to the performance of tasks execution (TE): specific project tasks to be solved by prefiguring the execution phase and its construction site timing. Naturally, process innovative elements have been introduced in each of the different tasks².

The term "purpose" refers to the development of a workflow that can become an "instrument" thanks to the algorithmic and parametric approach: a digital project no longer intended as a simple outcome but as a "dynamic outcome" based on principles of cultural flexibility and on the software interoperability. At this point, the use of IT tools, such as the *Visual Programming Language* (VPL) platforms and simultaneously the BIM ones (as Revit and Archicad), have improved the management of the material and immaterial project-features in a real agile manner.

In the beginning, the case of the Apple Academy was addressed in terms of the geometrical and spatial configuration of the "pilot" laboratory built on the second level of the L1 building of the Scientific Pole of San Giovanni a Teduccio and, later, the design of the open space labs, involving the entire third floor. The pilot laboratory and the collaborative spaces were both considered as smart environments, a sort of intelligent habitats digitally coded in an "informed" virtual environment.

The first TE defines a *data-mining* procedure (production and collection of data) in order to extract data, with a knowledge value, (Fayyad et al., 1996) from the feedback of a hundred students who, in October 2016, first entered the Academy. In the specific case, the collection of data was made by a questionnaire about cognitive aspects and the usability of equipment and spaces. Both students and teachers submitted their answers through a web survey platform. The approach followed is known as *verification-driven* procedure: starting from the answers provided to the questionnaire, their interpretation helped to reach useful results to better visualize spatial representation in relationship to the data analysis (*data design* and *data visualization*). The adoption of the algorithmic approach has moved the collected feedback to an operative level to build an informative *dataset*,

² Contemporary digital design frequently resorts to the development of data-calculation routines as dedicated "tools" and "utilities".

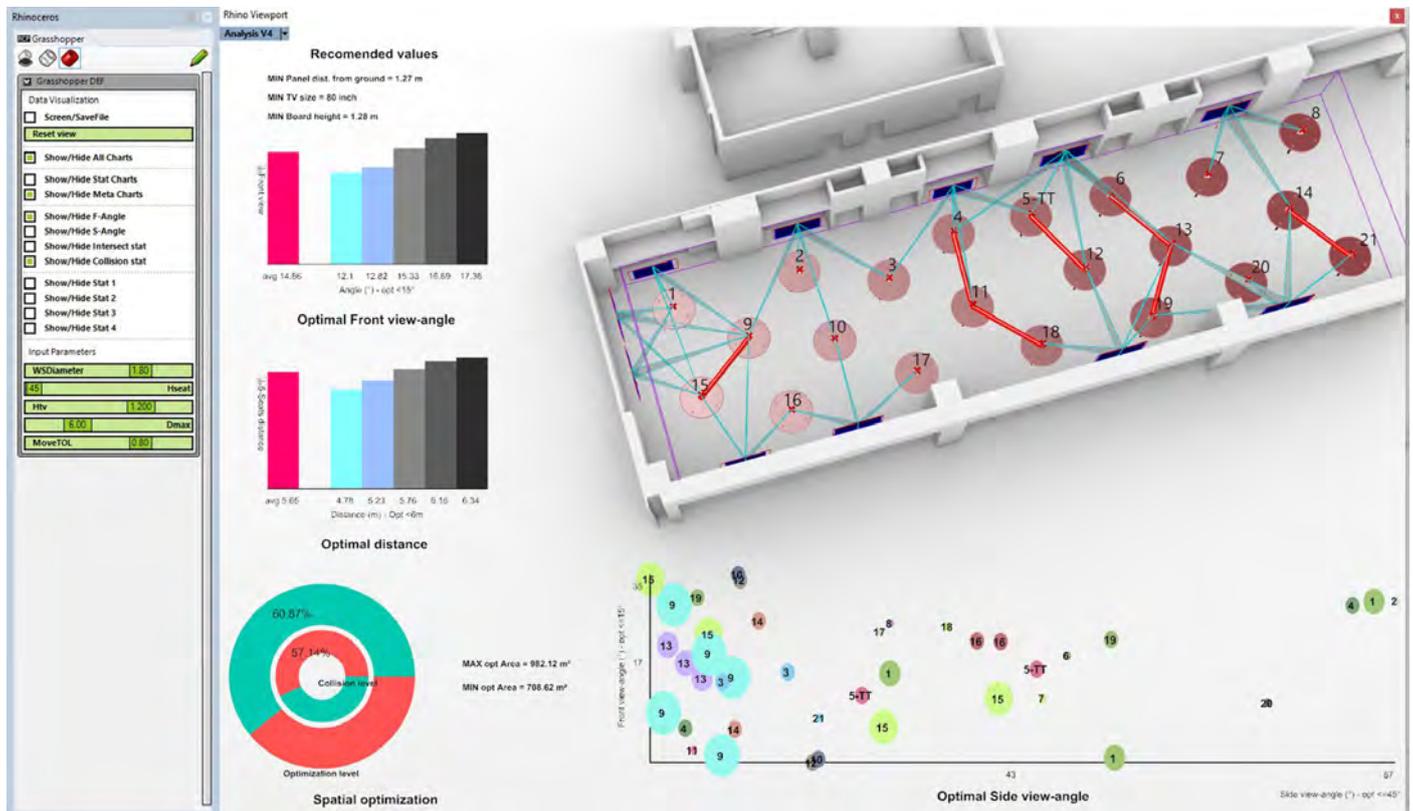


Fig. 4

in order to drive and modify the design proposal for the final Apple settlement (Fig. 1). The construction of this *dataset* represents, in potential, a cognitive baseline on which it is possible to define future analysis of *post-occupancy evaluation* (POE) or of *facility performance evaluation* (FPE), which are two of the major future trends of the AEC industry (Deutsch, 2015, p. 332). From the *data mining* process an important message arises: the computational approach to technological design has the ability to define and manage the valuable content of the so-called information chain *data-information-knowledge-decision*. In the Digital Age, the use of data, as well as data matching operations, adds a plus value to the project and makes it innovative and more interactive.

The positioning of the workstations and of the educational equipment inside the pilot laboratory took place after a process of coding and merging of the referral geometrical and spatial best-practices rules directly into the meta-design phase. The reference parameters have been extracted from the UNI 9217:1988 standards in particular for the calculation of the optimal distancing from the screen and its sizing according to the type of projection desired (multimedia laboratory) (Fig. 2).

These principles have been edited and parametrized, thus leading to the development of a computational model with all its virtual output like a dedicated tool. A real semi-interactive digital model has been developed with annotative and visual output capabilities to support the designer to set up the cognitive and spatial optimization phases, overcoming the dichotomous barrier between productivity and experimentation (Burry, 2011) (Fig. 3). The dynamic response produced by this 3D model makes possible to keep track of the following design aspects through some appropriate visual-alerts: optimal size of the TV screen for projections, minimum height from the ground of the TV screen

to ensure comfortable viewing for students, minimum size of the shorter side of the *writable glass-wall* (analogic whiteboard), average viewing distance from the TV screen, level of spatial optimization of the positioning of the workstations, comfortable movement between two or more workstations (level of the collision among the workstations influence-areas), number of TV screens intercepted by each workstation and, finally, front and side visual-angle between the workstation and the intercepted TV screen (Fig. 4).

A lively and functional architectural language according to the innovative teaching rules has found its maximum expression in the realization of the main classroom - the very finest Academy's *smart environment*. All labs and collaborative pods of the Apple Academy were strongly characterized, since the earliest design hypotheses, by using the original colours pattern designed by Ishimoto Architectural & Engineering firm for the hi-tech centre. The design requirement for this TE was the positioning of two hundred seats to form a stage and, all-around it, a collaborative area. The Academy imposed some boundary conditions such as the possibility of making the seats positioning independent of the type of furniture chosen, a certain seat freedom degree to support different team works activities and the preservation of a central stage-area intended for tutors and speakers. In addition to the above conditions, strictly operational aspects were also taken into account, such as the production of technical drawings in a shorter time, essential skill for the effective and efficient installation of the seats. This TE was an example of the flexible use of the BIM resource supported by advanced digital design tools such as VPL platforms for algorithmic aided design and cloud platforms for data sharing (flux.io³). They are both valid tools to improve and manage all the project info according to a *cross-platform logic*⁴ (Fig. 5).

3 Cloud platform integrated into the design and modelling software able to ensure a high level of interoperability between main AEC software. Flux was a spin-off of Google's X program for the AEC industry (service ended March 31, 2018).

4 The digital market increasingly focuses on the adoption of middle-ware (data translation software) that archiving and processing data for more in-depth analysis which can be displayed within friendly user dashboards.

The formal characterization of the positioning of the seats involved aspects of spatial optimization and of the associative modelling, both managed in the VPL Grasshopper environment. Then, through the *data-sharing* cloud platform flux.io, all the above-mentioned seat-features were transferred to the BIM environment via the VPL Dynamo. This processing was fundamental for the *quantity take-off* operations and the *facility management* to perform a right installation of the seats on site.

Conclusion

The digital genesis of the *smart environments* of the Apple Developer Academy is the result of the overlapping collaborative and operative multiple aspects that affect the design, the criticalities of the project, and, nonetheless, the management of the processes connected to it. Experiencing flexible processes able to inform dynamically and in an unlimited way the project and the *decision-making* aspects represents the new frontier of the research in the architectural and design fields. This instrumental characterization favours a *re-factoring* of the design process by explaining particular aspects and details specific of the project-thinking (Aish, 2011).

The possibility of integrating aspects of computer programming within the virtual design tools demonstrates how the role of the digital designer is important, above all, in defining innovative habitats. In this sense, computational design becomes a rigorous, creative and synthetic expression of a new design language whose heuristic limits are only a consequence of the strategic and technical sensitivity proven by the designer.

References

- Aish, R. (2011), "DesignScript: Origins, Explanation, Illustration.", *Computational Design Modelling*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1-8.
- Ambrosini, L., (2018), *Data, Digital & Design - Produzione del progetto digitale e processi decisionali: la progettazione "flessibile" nell'Era dello Scripting e del Building Information Modelling come nuovo paradigma tecnologico*, tesi di dottorato in Architettura. XXXI ciclo, DiARC, Università di Napoli "Federico II".
- Burry, M. (2011), *Scripting cultures: architectural design and programming*, Wiley & Sons, Chirchester.
- Deutsch, R. (2015), *Data-driven design and construction: 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data*. Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Fayyad, U.M., Haussler, D. and Stolorz, Z. (1996), "KDD for Science Data Analysis; Issues and Examples.", proceedings of 2nd international conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Portland, OR, August 2-4, 1996, AAAI Press, pp. 50-56.
- Frazer, J. (1995), *An evolutionary architecture*, Architectural Association, London.
- Naboni, R. and Paoletti, I. (2015), *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*, Springer, Cham.
- Sevaldson, B. (2005), *Developing Digital Design Techniques. Investigations on Creative Design Computing*. Doctoral thesis. Oslo, Oslo School of Architecture and Design.
- Van Hinte, E., Neelen, M., Vink, J. and Vollaard, P. (2003), *Smart Architecture*, 010 Publishers, Rotterdam.

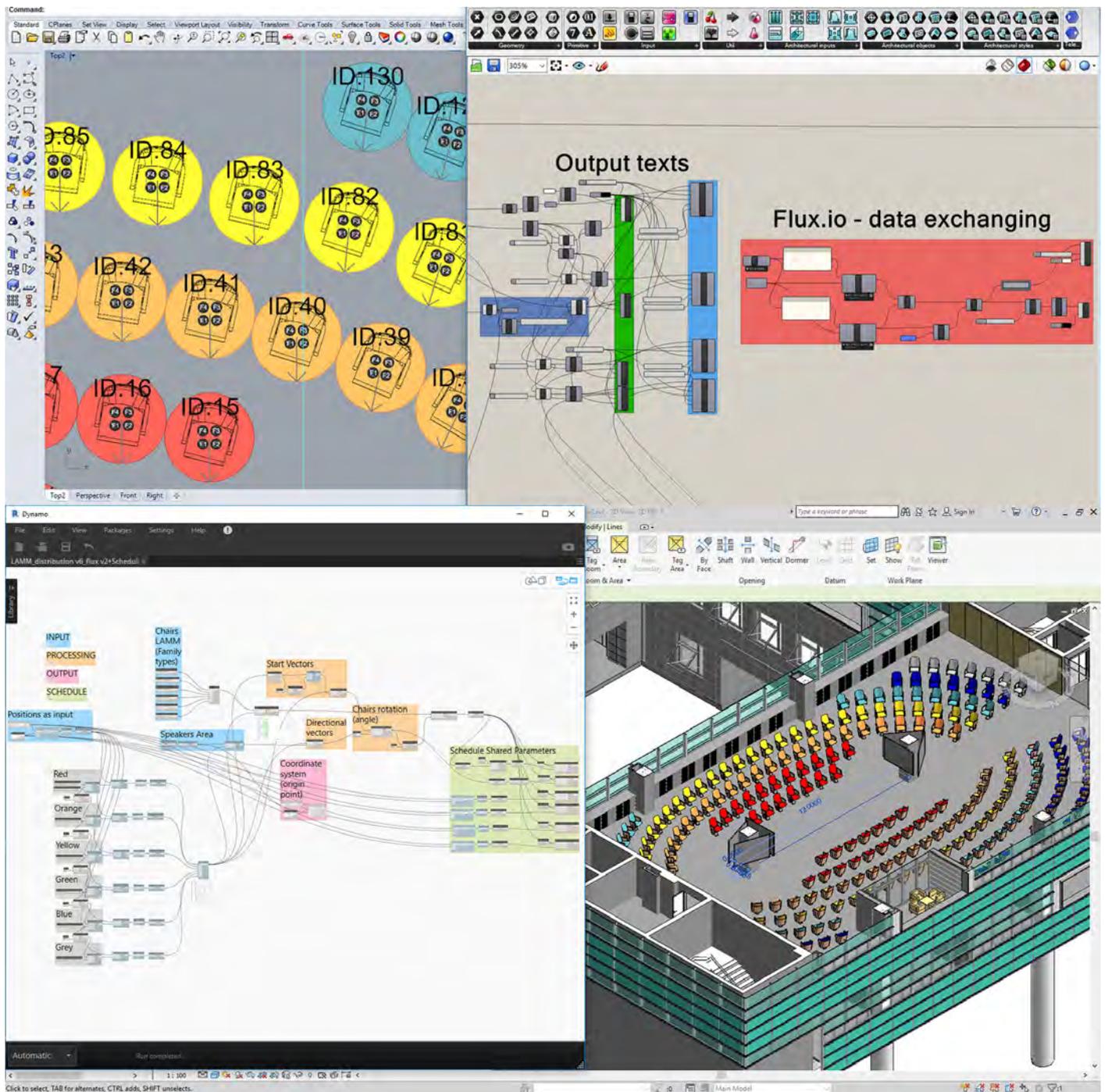


Fig. 5

Fig. 1 - (top) Data collecting of the feedback of the users received from a survey submitted on web platform; (bottom) Data visualization and visual interface developed for the analysis of the collected feedback.

Fig. 2 - (top) Technical schemes of the reference best practices (UNI 9217:1988); (in the middle) installation scheme based on the projection-type (adeoscreen.com); (bottom) Parametric coding of geometrical and spatial best practices integrated into the design workflow of the Apple labs.

Fig. 3 - Algorithm flow chart for the computational design of the Apple smart environments.

Fig. 4 - Interactive interface to view and analyse the data collected during the data-mining phase (visual module to support environmental design).

Fig. 5 - (top) Optimization of the geometrical and spatial features of the main-classroom seats and data-exchange action to the flux.io cloud platform; (bottom) Algorithm flow chart to manage seat features within the BIM Revit environment.

TRANSFORMATION OF PROFESSIONAL PRACTICES AND REGENERATION PROCESSES

THE “APPELS À PROJETS URBAINS INNOVANTS” (APUI) MODEL IN FRANCE

Rossella Maspoli¹

Abstract

In France, the plans for innovative projects and transitional urban planning – including the “Réinventer Paris”, “Réinventer la Seine”, “Inventer la Métropole du Grand Paris”, “Reinventing Cities”, and “Réinventer Rural” competitions – have promoted new transformation models for degenerating and neglected sites. The “Appels à projets urbains innovants” (APUI) are hereby analysed in terms of changes in the procedure model, in the interactions between public and private actors, in the forms of incentives to the local collective initiatives, and in the market in terms of so-cial-environmental space regeneration goals.

Keywords: Transformation models, Collective initiatives, Process, Professional figures, Shared design

¹ DAD - Department of Architecture and Design, Politecnico di Torino, rossella.maspoli@polito.it

Approach to the process and new professional figures

The French intra-ministry management of the “Plan Urbanisme Construction Architecture” (PUCA) has developed new *adaptive* economic, administrative, design-related, and functional models, that face the operation issues related to sites normally excluded from the real estate market. The actions planned by local institutions concern promotion, quality assessment of the social-environmental sustainability of the operations, and transfer of use rights.

Among the APUI objectives, there is the encouragement of a neutral urban regeneration in terms of carbon footprint, with a transformation of underused sites in locations with a high level of sustainable development and resilience. The urban recovery expressed in the “Réinventer Paris” projects prioritizes support to social inclusion, as well as the promotion of heritage, in the regeneration of symbolic, abandoned urban locations. As for “Réinventer la Seine” projects, the focus is on mitigation of environmental risk and landscape recovery, with the creation of new functional and economic hubs.

The action plans developed in Europe and Italy – such as PON Metro, Urban, Urbact, and UIA – are, instead, too *rigid* in the decision-making process and in the financial build-up to trigger re-use of physical artefacts that have a complex setup. The plans for the sites’ redevelopment are focused on securing the best price and planning permission, rather than looking for new ideas for living the city. The “Réinventer” mechanism paves the way for creative cooperation, integrated private initiatives in the operation setup and the choice of functions, as well as – in certain cases – alternative proposals concerning the site of operation.

The Mayor’s program (Réinventer Paris, 2015) wants diverse design teams, beyond current standards: «The teams will consist of original and unconventional groups in which all disciplines can be represented, reinventing our ways of living, working, exchanging and sharing in Paris».

The innovation of practices affects the evolution of roles and the configuration of actors, making two professional figures with a third-party role emerge, complementary to the traditional figure of the architect. The first figure – the *cultural facilitator* – is in charge of dialogue and mediation with the different local ac-

tors and groups, in order to highlight the demands of the community – and in particular the most fragile categories – affected by the transformation operations. The architect has the responsibility for promoting the “community reinvention” programme, with “the tangible effect of putting the architect back at the centre of a societal design debate” (Liotta, 2017). The role of such facilitator is management of the negotiations related to transformations in spatial-functional organization, by activating *collective intelligence* through the development of social and managerial skills, and highlighting latent identities and cultures.

The second figure – the *policy consultants* – concerns the guidance of multi-skill teams that provide technical support in the fields of urban services, planning of public processes, and feasibility studies of real estate investments, as well as design management as a function of legal limitations, and the assessment and certification of environmental, economic, and social sustainability. The multidisciplinary teams must support finding solutions, involving different perspectives (technical, logistical, economical, ecological, and social) in financing, design and construction process. The city of Paris must, instead, accompany, monitor and validate the phases of the processes, some of them in conclusion (2020-21).

Moreover, topics related to cultural resilience and environmental adaptation bring to the table the role of active and committed communities, with the incentive of mutation of lifestyles as well as social innovation processes. The change thus involves the interaction and hybridization of professional figures, and requires co-design and *participatory governance* strategies in the implementation and *facility management* processes.

The public administration role and competitive opening

In APUI projects, the role of the public administration itself changes. The simplification and improvement of processes requires a suitable model for the cooperation with non-horizontal, multi-skill project teams represented by local organizations and promoters, construction companies, architects, sector-specific experts, future operators, and financial investors. The public administration shall have an essential role in the promotion, orientation, organization, and quality assessment of the results in terms of the different parties involved, which have different

weights in the decision-making process.

The competitive opening of public calls for proposals is directed to technological inventions and innovations. It boosts both the fertility of the local ecosystem and the attraction of international investments. The significant participation of operators in different urban contexts corresponded to a critical relevance, as emerges in the results of an online questionnaire promoted by the *Ministère de la Transition écologique et solidaire* and the *Ministère de la Cohésion des Territoires et des Relations avec les Collectivités territoriales*, within the context of the research programme “L’impact des appels à projets urbains innovants sur la fabrique urbaine” (Rio, 2019). While most of the public stakeholders interviewed expresses satisfaction for the project contents (95%), their format, and the activation and implementation process (80%), a negative opinion emerges in terms of the plan to generalize the specific type of consultation (55%).

In particular, the responses highlight the struggle in activating and implementing the selected projects outside the context attracting funds and outside central areas – as in medium-sized cities across the country and in marginal areas – as well as the need to assess the repeatability and management of the process results, once they are completed. In any case, the public administrators repute that strategic innovation is relevant to improve *territorial marketing*, as it boosts the interest of new investors in neglected areas by strengthening local attractiveness factors and accelerating operation time. After the call for proposal unification phase, APUI projects provide the local administrations with a significant implementation discretion, but require qualitative criteria to define the demands to be satisfied, assessment indicators, and offer benchmarking, as well as the cooperation adjustment and transparency mechanisms in order to executively negotiate intended uses and accurate transformations.

Shared design and “Réinventer Paris” (RP) goals

In accordance with the Paris (2014-18) APUI model, on a small scale the promoter may also be an organization of residents, and the operation is directed towards responding to demands related to solidarity, art, local and urban agriculture, sport, and disability. The goal is to develop formats that are compliant with circular urban economics and regeneration of neglected sites considered waste products of the city, whose identity needs to be restored. Such sites are an occasion to create new forms of service and gathering.

The locations are both places that have had specific functions – though *not distinguishing* and not historic, and places that may be defined – in semiological terms – hypo-coded, or open to potential interpretation codes, creative inference, and the creation of new relationships between individuals and spaces.

The first RP call for proposals (2014) involved 358 projects presented by multidisciplinary teams, that have envisaged the construction of tomorrow’s cities. There were 74 finalists and 23 winning sites, with 8 assignees. The second call (2017) concerned 34 sites, most of which fully or partially subterranean. The proposals concerned: long-abandoned subway or train stations, such as Croix-Rouge and Massena (Fig. 2); street tunnels and underground parking lots; basement floors of former slaughterhouses or historical buildings such as the Castagnary former public baths (Fig. 3); empty interstitial spaces and abandoned office sites.

The environmental scope of the urban recovery concerns: applicable forms of self-production of energy; eco-friendliness and sustainability of construction materials and technology; sustainable management of water sources and waste products;

improvement of biodiversity; urban reforestation and farming.

The innovations present, indeed, a great diversity in terms of fields and experimental technology related to hydroponic farming, material recycling, de-pollution, production of PV energy from plant-based materials, bio-adaptive façades, and active envelopes. In parallel, the re-contextualization of public spaces relates to social innovation and sharing areas such as collective residences, forms of community-based co-construction, co-working and co-living areas – with the promotion of the home office and of creative business incubators.

As underlined, the struggle in defining a weighting and assessment of offers emerges in process transitions. In the calls for proposals, such criteria are summarized as: design innovation; architectural quality and social-economic integration with the context; energy efficiency; environmental improvement; economic feasibility of the offer and guarantees in terms of financial means. Moreover, the designated winners avail themselves of different forms of land usage rights transfer to implement the projects, such as sales and purchase agreements, surface rights, lease, and occupation of property (Fig. 1).

The initial observations concerning the outcomes of RP projects highlight financially positive land concession agreements, innovative architectural designs to build upon, and trend-based benefits on vulnerable communities. The significant functional mix of residences, services, and complementary activities was counterpoised by the risk of a creative hotchpotch in terms of architecture and attention to the context (O’Sullivan, 2017).

Planning ability in the “Réinventer la Seine” regional system

French policies are addressed to both dynamic solutions for critical cases of small-scale urban regeneration, and to promoting operations in neglected and decaying peri-urban areas with a territorial relevance, such as “*Imagine Angers*”, “*Réinventer la Seine*”, “*Inventer la Métropole du Grand Paris*”, “*Dessine-moi Toulouse*”, and “*Réinventer Rural*”.

The model for the over 40 sites involved along the river – crossing Paris, Rouen, and Le Havre – aims to build ideal prototypes of new lifestyles and forms of activity by re-using post-industrial areas and infrastructure to re-build an environment and landscape at the border between land and water.

The innovation promoted in the projects creates an overall coherence of the strategic waterway, setting out to combine development of new economic functions with the cultural, environmental, and landscape preservation and promotion of the Seine Valley.

There are two risks related to such perspective.

On one hand, there are the risks related to the true real estate development potential in the contemporary financial market, considering that the different operations corresponding to or alternative to “*Zone d’Aménagement Concerté*” (ZAC) initia-

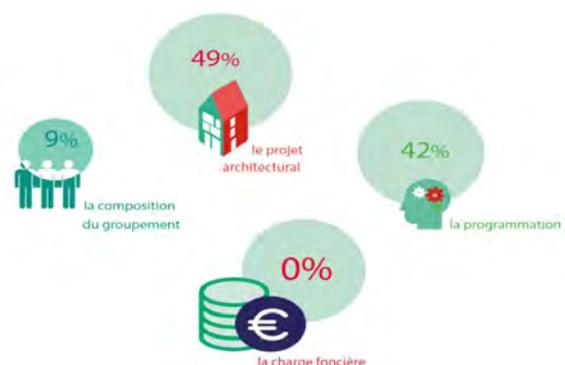


Fig. 1

tives face executive issues, and for which the APUI “*concession d’aménagement*” conditions envisage a greater process flexibility and adaptability.

On the other hand, there are risks of failure, which are also related to the limits of responses to social demands, such as the ability to involve the community in the social innovation and the new economy, as well as the avoidance of gentrification situations, marginalization, and – alternatively – relocation of the residing citizens or businesses.

International outreach of the “Reinventing Cities” model

The experimental model extends, at an international level, to the “*Reinventing Cities*” (RC) plan, promoted by the “C40 Cities Climate Leadership Group” with the support of Climate KIC. RC is a global competition that aims to transform underused sites through sustainable projects focused on the community, in order to trigger a carbon-free and resilient urban regeneration (Reinventing Cities, 2018). Chicago, Dubai, Madrid, Milan, Montréal, Reykjavik, Rome, and Singapore – with projects related to 25 sites. The sites are mainly public property in a state of neglect and degradation, and draw a correlation between the feasibility of real estate development and the attractiveness and promotion of the sites.

The cities thus select the areas and open the call for proposals – in two phases, namely expression of interest and selection – to multidisciplinary teams that combine their skills and present projects for urban sustainable re-development, considering the transition towards an environmentally safe city.

In order to implement the operation, the proposing organization is responsible for the financial offer in terms of market and compliance with the required performances, providing KPIs – not always compelling – that respond to both certified sustainability, resilience, and zero-emissions criteria, as

well as the assessment of benefits to the community, outlining strategies to involve the civil society and to define forms of public consultation.

The template call for proposals is adapted to the peculiarities of each site, and envisages the possibility of distinguished standards even for the transfer or acquisition of areas. The potential options break ground for an innovative role of the public administration in terms of orientation, strategy selection, and control through the agreement of project contracts.

Conclusions

Innovation emerges as a keystone, multi-skill topic to overcome the criticalities of neglect, as well as improving urban quality and the efficiency of the public administration. The essential goals are, indeed, the elimination of abandonment and the achievement of minimum requirements of public interest through operations performed in cooperation with private managers, which may include: public housing, welfare and health services; cultural, sports, and research centres; and green play areas.

In the scope of a required guarantee by the public administration of economic/financial sustainability and a successful outcome of the operations, the role of investors becomes absolutely crucial and may cause a risky orientation of the project towards *green gentrification* processes, even to the detriment of local communities.

The financial appeal and the predicted levels of profit are, in fact, strongly linked to the trends in real estate market at a local level. In the suburban, socially and economically fragile areas with a limited heritage and landscape value, the operation, even regardless of the site type, tends to be supported by direct public involvement – for instance, in decontamination and infrastructure – or indirect involvement – such as in the construction



Fig. 2

charges and urbanization costs.

Upon analysing the models, a series of key factors related to the opportunities and feasibility of the model experimentation emerge:

- feasibility of the economic/financial offer, both in terms of interest for real estate and financial market investments, and in terms of a coherent development of the business plan related to project and construction management, as well as compliance with the plan's timing;
- central and innovative role of the architect, as technical and creative organizer of the configuration of actors;
- ability to build a *non-horizontal* multidisciplinary team, with the development of skills for participation forms and for the analysis of environmental/economic/social sustainability, integrated with technical/economic procedures related to asset, property, and facility management;
- embracement of multidisciplinary skills by the public administration for the communication (to stimulate the interest of operators), the guidance, the assessment and control of goal achievement, and the formulation of project contracts, as well as management of solutions in the post-project contract, defining performance-monitoring indicators and procedures.

References

- Bloomberg Citylab (2017), *Can "Reinvent Paris 2" Rise Above Its Bad Reputation?*, available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-09/can-reinvent-paris-2-rise-above-its-bad-reputation>.
- C40 Cities (2019), *Understanding infrastructure interdependencies in cities*.
- C40 Cities (2018), *Guidance to Design a Low-Carbon, Sustainable and Resilient Project*, Appendix 2.
- Galimberti, D. (2019), *Consultants et villes à l'heure de la mondialisation*, Ministère de la Transition écologique et solidaire, Paris.
- Liotta S.J. and Louyot F. (2017), "Strategies for making Paris (interview with Alexandre Labasse)", *Domus*, available at: https://www.domusweb.it/en/interviews/2017/04/18/alexandre_labasse.html.
- Maspoli, R. (2017), "Bagni pubblici nella città post-industriale. Valorizzazione storica e innovazione", in Belli, G., Capano, F. and Pascariello, M.I. (eds), *La città, il viaggio, il turismo. Percezione, produzione e trasformazione*, CIRICE, Napoli, pp. 1845-1850.
- Maspoli, R., and Cannata, S.A. (2018), "Gli scali ferroviari in Francia, tra conservazione e rigenerazione urbana", *Trasporti & Cultura*, vol. 52, pp. 99- 105.
- McCann, E., Ward, K. (eds) (2011), *Mobile Urbanism. Cities and Policymaking in the Global Age*, University of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- Pilsudski, T. and Koh, M., (2018), *Reinventer Paris, Innovation as a key consideration for land sale sites*, Centre for Liveable Cities, Singapore.
- Rio, N., Josso, V. and Gréco, L. (2019), *Réinventer les villes: effet de mode ou vraie transformation?*, Ministère de la Transition écologique et solidaire, Paris.



Fig. 3

Fig. 1 - QUEL A ÉTÉ LE CRITÈRE DÉTERMINANT DANS LE CHOIX DU GROUPEMENT LAURÉAT?, in Rio, 2019. © Le Sens de la Ville - Partie Prenante - Benedicte Papilloud

Fig. 2 - Réinventer Paris 2015: Massena, site and disused historic railway station, winning project Hertel, Lina Ghotmeh/DGT Architects. © Lina Ghotmeh

Fig. 3 - Réinventer Paris 2015: Bains-douches Castagnary, old public baths from the 1930s, partial demolition and expansion, winning project Axitis, Red Architectes, construction completed 2020. © Reinventer.Paris

HABITAT INFORMATI: TECNOLOGIE E METODI IN TRANSIZIONE VERSO I POSITIVE ENERGY DISTRICTS

Carola Clemente¹, Paolo Civiero², Marilisa Cellurale³

Abstract

Sostituisci Abstract L'intelligenza artificiale produce una forma di conoscenza attiva che di fatto orienta e definisce la condizione spaziale e temporale della vita collettiva e individuale. È sul piano dei processi e delle qualità delle interazioni che si definiscono le caratteristiche dei modelli organizzativi; sul peso dei componenti che si orienta la governance dello sviluppo urbano. Il contributo illustra gli esiti della ricerca "Soluzioni SCC per i Positive Energy Districts", un progetto di collaborazione tra Sapienza, Università di Roma e ENEA, più che mai urgenti nell'affrontare la transizione multipla a scala urbana.

Keywords: Positive Energy Districts, Smart Cities and Communities solutions, Dilemmas, Energy Transition, Key Performance Indicators

¹ DiAP - Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, carola.clemente@uniroma1.it

² IREC - Catalonia Institute for Energy Research Universitat de Barcellona (Spain), paolo.civiero@uniroma1.it

³ DiAP - Dipartimento di Architettura e Progetto- DiAP, Sapienza Università di Roma, marilisa.cellurale@uniroma1.it

Il tema

Il passaggio tra i programmi europei Horizon 2020 e Horizon Europe segna un importante momento di revisione critica dei modelli applicati e dei risultati conseguiti in ambito di ricerca e di governance urbana. Certamente la questione energetica si è definitivamente affrancata dal confinamento nel binomio risorsa – consumo. La comunità scientifica internazionale, il tessuto produttivo e la pluralità di consumatori dei prodotti tecnologici condividono la consapevolezza comune che il tema è pervasivo, capillare, allacciato alla economia di scala, alla raccolta ed elaborazione delle informazioni, all'interoperabilità dei sistemi e alla qualità dei comportamenti umani (Good et al., 2017; Yan et al. 2017). Nel corso degli ultimi dieci anni, la European Energy Research Alliance (EERA) attraverso le Joint Programming Initiatives (JPI) si è impegnata nella riorganizzazione i risultati conseguiti in materia di trasformazione dei sistemi energetici e nella promozione di modelli sperimentali di sviluppo urbano efficiente. Il rapido avanzamento tecnologico nel campo dell'ICT e IoT, specialmente nella gestione dei Big Data, ha sostenuto la JPI Urban Europe nel superare il paradigma che la sola immissione massiva di tecnologie nel sistema di fosse sufficiente a garantire la *smartness* di comunità e ambienti urbani. La *Smart City* è il luogo delle interazioni tra le persone e i flussi energetici, di materiali e servizi in un determinato contesto economico e finanziario, finalizzati a promuovere uno sviluppo economico sostenibile e resiliente e custodire il benessere e la sicurezza dei cittadini¹.

Non è, quindi, una nuova tecnologia in sé a innescare un processo *smart*, ma è da come reagisce un sistema introducendo una determinata azione che se ne misura l'efficacia: solo se l'implementazione di una determinata tecnologia si traduce in un vantaggio simultaneo in termini economici, ambientali e sociali si può parlare di implementazione *smart*.

Il documento *Integrated Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)*, *Implementation Plan* (European Commission, 2015) supporta le politiche dell'Energy Union nel perseguire gli Obiettivi internazionali in materia di sostenibilità energetica, articolati in *Goals* nell'AGENDA 2030 degli Stati Membri delle Nazioni Unite (United Nations, 2015). L'approfondimento che

si svolgerà in questa sede riguarda l'azione "*Smart Cities and Communities*" del SET Plan in cui è possibile rileggere i temi dell'abitare innovativo, e su cui si proiettano i temi dell'abitare in un ecosistema informato.

Il documento programmatico "*Strategic Research*" elaborato dalla JPI Urban Europe rilegge tali temi attraverso la qualificazione di quattro Dilemmi (JPI UE, 2019):

- *Digital Transitions in Urban Governance*;
- *From Resilience to Urban Robustness*;
- *Sustainable Land-Use and Urban Infrastructure*;
- *Inclusive Public Spaces for Urban Liveability*.

La scelta terminologica ha il merito di comporre proposizioni problematiche aperte e non connotate dal giudizio: le definizioni si prestano, quindi, all'adozione di strategie volte a una riconfigurazione dei componenti e delle relazioni, che permettano di qualificare il sistema come energeticamente positivo.

Il termine Dilemma suggerisce la duplice compresenza di una visione personale e di una visione universale: da una parte la proposizione di una questione universale da un punto di vista soggettivo e dall'altra, la discussione di una questione particolare attraverso argomentazioni e categorie di carattere universale.

L'*Implementation Plan*, pubblicato nel 2018, ricuce gli elementi evoluti e pienamente espressi e condivisi della *Smart City* in un soggetto scientifico, culturale e sperimentale da rifondare: i *Positive Energy Districts* (PEDs). I PEDs identificano «aree urbane efficienti e flessibili dal punto di vista energetico che producono emissioni zero di gas a effetto serra e gestiscono attivamente un surplus locale o regionale di produzione annua di energia rinnovabile. Richiedono l'integrazione di diversi sistemi e infrastrutture e l'interazione tra edifici, utenti e sistemi regionali di energia, mobilità e ICT, ottimizzando al contempo la vivibilità dell'ambiente urbano in linea con la sostenibilità sociale, economica e ambientale» (SETIS, 2018).

La JPI Urban Europe è stata fino ad oggi impegnata nella costruzione di un quadro di ricognizione e di precisazione dell'ontologia dei PEDs, volta alla applicabilità e replicabilità dei modelli nei diversi contesti europei². La complessità e la coerenza metodologica richiesta per raggiungere gli obiettivi prefissati, hanno implicato, fin dall'inizio, il robusto e attivo coinvolgimento di *stakeholder* afferenti a distinti contesti sia della filiera

¹ cfr. https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en

² L'obiettivo fissato dal *SET Plan – Implementation Plan* consiste nella pianificazione, sviluppo e replicazione di 100 PEDs entro il 2025.

produttiva (ricerca e sviluppo), ma anche dalla sfera amministrativa (amministratori e soggetti pubblici) in grado di incidere sensibilmente sulle politiche territoriali, che hanno visto, come primo risultato, una ricognizione inedita dei distretti europei con caratteristiche positive ricorrenti (JPI, 2020).

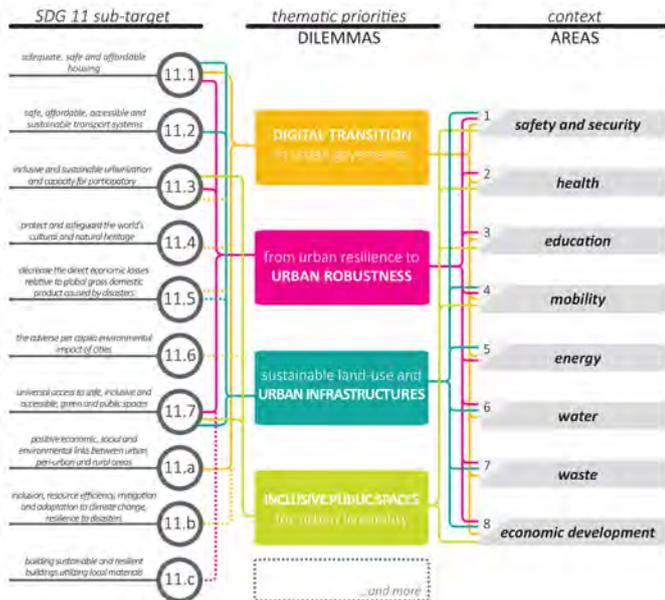


Fig. 1

L’innescò: l’attivazione del processo

Le definizioni scorse dalla Strategic Research and Innovation Agenda – SRIA 2.0. e dal SET PLAN sottendono una visione di città europee come luoghi del progresso sociale, piattaforme di democrazie, dialoghi e diversità culturali, culture di rigenerazione ambientale.

In questo contesto, la ricerca “Smart Cities and Community (SCC) solutions for Positive Energy District” – di cui in questa sede vengono condivisi i termini metodologici adottati e le tematiche affrontate – si inquadra nell’ambito di un programma di ricerche più vasto, condotto dagli autori in collaborazione con Dipartimento Tecnologie Energetiche – *Smart Energy Networks* (DTE-SEN) di ENEA.

L’obiettivo generale della ricerca si riferisce alla costruzione su un quadro operativo volto a identificare lacune e ostacoli all’implementazione dei servizi urbani, con il fine (1) di individuare le linee di sviluppo destinate alla attivazione dell’intero processo rigenerativo, e (2) di sostenere tale processo avendo come priorità sia l’incremento di qualità della vita di cittadini e la sostenibilità dei sistemi, sia la diffusione e replicabilità di nuovi modelli aggregativi basati sul concetto di comunità energetiche.

Muovendo da questi obiettivi la ricerca si è declinata in tre contributi specifici:

- inquadramento concettuale del PED come evoluzione del modello *Smart Urban District* (SUD) definendone distanze e punti di continuità;
- individuazione dei Dilemmi Urbani, a cui le soluzioni SCC sono chiamate a dare possibili risposte come singoli strumenti o come sistemi integrati;
- costruzione di una matrice operativa, da adottare come ontologia da implementare in una piattaforma, finalizzata al posizionamento e all’integrazione di soluzioni SCC, coordinate a un riferimento dimensionale (*engagement scale*) e temporale (*engagement phase*).

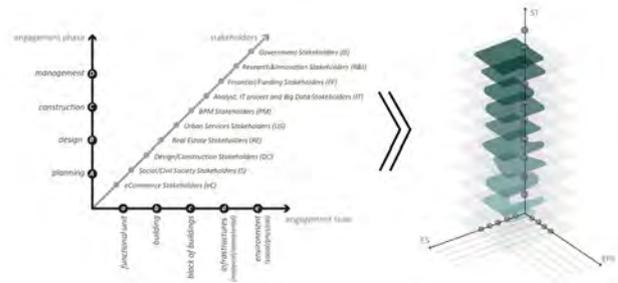


Fig. 2

Nella prima fase il gruppo ha ricomposto le definizioni precedentemente chiarite, in un quadro strumentale per la transizione verso il modello Positive Energy District. Le differenti accezioni di PED, risultanti dai lavori in corso nei tavoli internazionali promossi nel SET PLAN Action 3.2, tengono conto delle priorità tematiche, i *Dilemmas*, che permettano di tradurre i *Sustainable Development Goals* (SDG) delle Nazioni Unite negli ambiti applicativi già caratteristici della Smart City: protezione e sicurezza, salute, educazione, mobilità, energia, acqua, rifiuti, sviluppo sostenibile, accessibilità all’abitazione e promozione della vita collettiva.

Questi temi abitano i luoghi fisici dell’ambiente urbano e gli strumenti che li regolano: le costruzioni e le tecnologie nell’ambiente costruito, reti e sistemi energetici, idrici e relativi al trattamento dei rifiuti, le reti e le attrezzature per la mobilità, gli spazi pubblici e il quadro normativo. Questi elementi compongono il quadro dei domini di implementazione delle soluzioni SCC.

Un impegno consistente è stato volto alla individuazione e sistematizzazione di prodotti e soluzioni, ad oggi disponibili, che fossero capaci di rispondere ai Dilemmi nel quadro dei rispettivi Domini della implementazione. Questa attività ha altresì permesso di individuare il livello di maturità tecnologica TRL³ e i *gap* rispetto ai quali poter indirizzare e incentrare la ricerca nei prossimi anni.

Areas	Key Tools/ Technologies answer in areas	Implementation domains	Engagement phase	Engagement scale	Stakeholder
1. Safety & Security, 2. Health, 3. Education, 4. Mobility, 5. Energy, 6. Water, 7. Waste, 8. Economic development, Housing and Community	Ref. to Areas (1,2,3, ...)	1. Technologies in built environment 2. Energy supply system, 3. Water disposal system, 4. Waste disposal system, 5. Mobility system, 6. Public space, 7. Regulatory framework	1. Planning, 2. Design, 3. Construction, 4. Management	1. Functional unit, 2. Building, 3. Block of buildings, 4. Infrastructures (material/ immaterial), 5. Environment (physical/social)	1. Government, 2. R&I, 3. Financial/ Funding, 4. Analyst, IT project and Big Data, 5. BPM, 6. Urban Services, 7. Real Estate, 8. Design/ Construction, 9. Social/Civil Society, 10. eCommerce.

Tab. 1

Infine, la *trigger question*: quali sono gli effetti dell’implementazione di una soluzione SCC in un determinato dominio e quale il grado di possibile integrazione di una tecnologia specifica tra i domini e in ambito sociale?

Per entrambe le questioni la ricerca si è focalizzata nella costruzione di un quadro metodologico e operativo scalare, finalizzato a rispondere a due considerazioni preliminari, riferite al contesto nazionale di nostro interesse. La prima rivolta è alle caratteristiche strutturali delle realtà urbane italiane (Pinna et al., 2018) che qualificano i dilemmi rispetto alla consistenza del patrimonio costruito e al parametro dimensionale ed evolutivo dell’ambito urbano di applicazione. In secondo luogo, la messa a sistema di un programma di attuazione e governo (obiettivi,

3 *Technology Readiness Level* (TRL) permette di applicare una metrica condivisa di valutazione del grado di maturità tecnologica di un prodotto o processo.

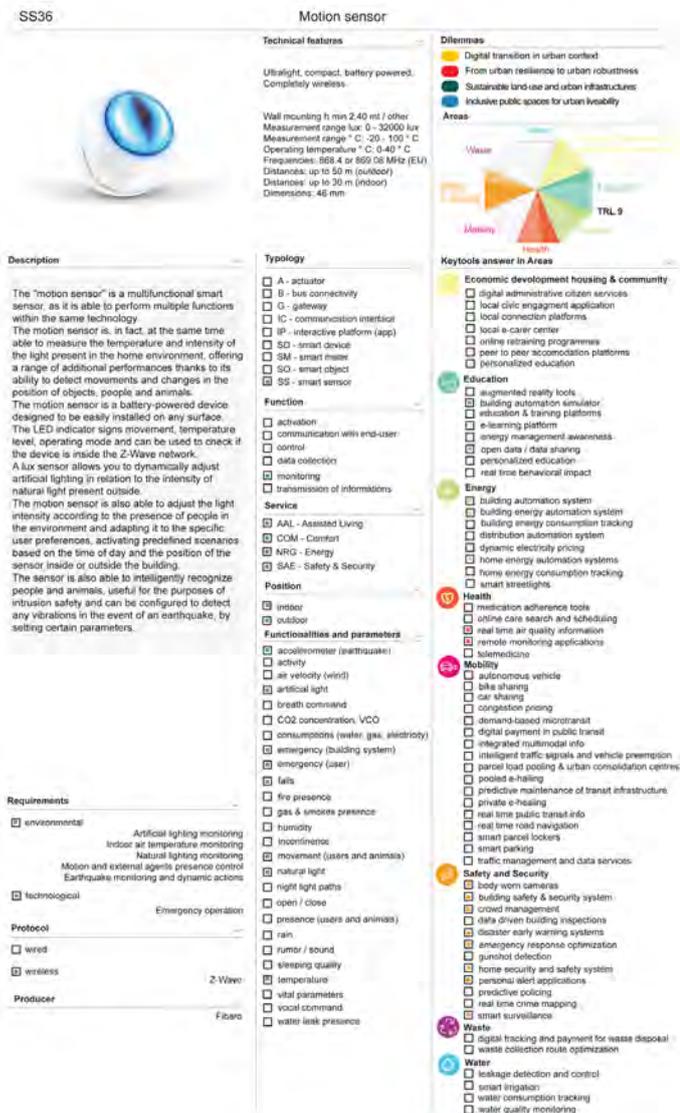


Fig. 3

strategie e finanziamento) della transizione verso i PED per *step* progressivi di implementazione, secondo agli obiettivi dell'Azione 3.2 del *SET Plan* e i *SDG 2030* (Civiero et al., 2020).

Specie in risposta a quest'ultima valutazione, si è prodotto uno strumento logico di ricognizione e sistematizzazione delle risorse e delle soluzioni SCC già operative e attuabili nell'ambito degli *Smart Urban District*, recuperando e implementando i risultati delle precedenti ricerche (Civiero et al., 2017a, 2017b).

Intelligente e [energeticamente] Positivo: l'habitat ottimizzato

In questo passaggio si svolgono due evoluzioni concettuali che indirizzano la transizione verso il PED. La prima riguarda la misurazione dell'efficacia delle soluzioni individuate: si intende misurarne la qualità *smart* non solo in riferimento agli indicatori di performance oggettiva ma in base al campo di applicazione, quindi di interoperabilità con altre soluzioni, alle diverse scale, e il grado di plusvalenza che la combinazione stessa genera, riferita alla somma degli indicatori chiave di prestazione (KPIs – *Key Performance Indicators*) dei singoli strumenti. In altre parole, misurare la qualità sulle applicazioni significa valutare l'efficacia di un sistema interoperabile, come il rapporto tra la

somma delle prestazioni attese di progetto di una soluzione e il plus valore (*positive KPI o KPI+*) generato da una combinazione ottimizzata di soluzioni diverse, in risposta ai dilemmi urbani. Si può tradurre questo concetto in un'espressione matematica, un'immagine tridimensionale: un integrale multiplo.

Le dimensioni della trasformazione sono espresse termini di tempo, cioè di fasi che caratterizzano i processi di trasformazione dell'ambiente costruito, e di spazio misurabile dell'azione innescata dalla soluzione o dal sistema integrato di soluzioni nel relativo dominio di implementazione, dall'unità funzionale, in cui il singolo *prosumer*⁴ agisce, alla dimensione ambientale, come ambito delle relazioni fisiche e sociali, a cui si attribuisce il più alto grado di complessità.

Le coordinate planari quindi sono rappresentate dalle fasi in ingaggio (programmazione, progettazione, costruzione e gestione) e dalla scala di ingaggio (unità funzionale, edificio, distretto, infrastruttura, ambiente costruito).

La terza dimensione, occupata dagli *stakeholders* di sistema, lega l'efficacia degli strumenti in sé alla capacità degli attori di filiera di svolgere il ruolo di acceleratori dell'implementazione delle soluzioni SCC e di esprimerne i potenziali d'uso inediti.

Nell'ultima fase della ricerca è stato predisposto un prototipo di piattaforma pilota per la valutazione del *KPI+* di due dispositivi ICT (Clemente et al., 2019).

Il contributo della ricerca sul tema dei Positive Energy Districts

La ricerca ha inteso contribuire al ragionamento europeo sui PEDs con due risultati: un repertorio organizzato di soluzioni SCC aperto a continue revisioni senza comprometterne l'efficacia e un quadro interpretativo applicabile a contesti urbani, sociali e legislativi differenti.

Da questi due strumenti si estrae una valutazione dei punti di miglioramento di una soluzione SCC e l'identificazione delle dimensioni in ingaggio che incidono sulle sue variabili. Inoltre, tali strumenti consentono di apprezzare gli effetti dell'applicazione integrata della soluzione o del prodotto sull'ambiente costruito in ragione delle variazioni di densità e di consistenza fisica delle architetture e delle infrastrutture.

Le ragioni della ricerca insistono sulla convinzione che la transizione verso i *Positive Energy District* sia un processo già attivabile con i sistemi e le soluzioni già disponibili sul mercato, e che anche le porzioni urbanizzate meno adattabili come quelle storiche sono da queste abilitate a contribuire al bilancio energetico globale europeo. Viceversa, la produzione quantitativa di soluzioni *ad hoc*, verso cui sembra tendere la produzione di tecnologie IC, rischia di irrigidire il sistema e comprometterne l'efficace replicabilità.

Intelligenti, ottimizzati e distanti: l'imprevedibile accelerazione tecnologica.

In questa condizione costrittiva di separazione e di distanziamento⁵, la popolazione e le pubbliche amministrazioni hanno irrobustito rapidamente la confidenza con le tecnologie digitali; quindi non solo ci si può aspettare una migliore risposta all'implementazione di soluzioni *smart* in ambito sociale, educativo e sanitario, ma che ne sia fortemente percepita e radicata la necessità e la consapevolezza con particolare attenzione al tema dei

4 Termine coniato da Alvin Toffler nel libro *The third wave* (1980): è una crasi dei termini *producer* e *consumer* che indica un consumatore che è a sua volta produttore o, nell'atto stesso che consuma, contribuisce alla produzione. Cfr. la voce "*Prosumer*" elaborata da Enrico Menduni per l'Enciclopedia della Scienza e della Tecnica, Treccani, Roma

5 La Pandemia da Coronavirus, cd. COVID-19, è stata accertata all'inizio del 2020. Al momento della redazione di questo articolo, l'emergenza sanitaria è ancora in corso.

dispositivi per la telemedicina, protagonisti di una vertiginosa e necessaria accelerazione evolutiva. Da architetti, dobbiamo riflettere sulla nostra missione di elezione e chiederci quale sarà il peso dell'infrastruttura, delle abitazioni, dei luoghi di lavoro e della comunità nella città che verrà, interpretando e affrontando le sfide che ci attendono con un approccio quanto mai scientifico e rigoroso, garantendo al tempo stesso spazio e ruolo alla creatività, intesa come motore e contributo all'innovazione.

Acknowledgment

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico MISE – ENEA – Piano Annuale di Realizzazione 2018 (PAR 2018). Progetto: Analisi degli attori della filiera dei servizi energetici urbani per lo Smart Urban District con focus specifico sui PED Positive Energy District.

Progetto di ricerca PEDRERA. Positive Energy Districts renovation model, finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea nell'ambito del grant agreement Marie Skłodowska-Curie n. 712949 (TECNIOspring PLUS) e da ACCIÒ, "Agència per a la Competitivitat de l'Empresa de la Generalitat de Catalunya" (Spagna).

References

- Civiero, P., Clemente, C., ENEA, (2017), RdS/PAR2017/075. Report di analisi del potenziale delle soluzioni SCC funzionali allo Smart Urban District nella filiera delle costruzioni come acceleratore dell'erogazione dei servizi energetici urbani.
- Civiero, P., Sanmartí, M., et al. (2020), "PTE-ee ITP - Iniciativa Tecnológica Prioritaria (2019). Positive Energy Districts (PEDs)", available at: <https://static.ptee-ee.org/media/files/documentacion/itp-01-2019-distritos-de-energia-positiva-peds-tZU.pdf> (accessed 15 Luglio 2020).
- Clemente, C., Civiero, P., and Cellurale, M. (2019), "Solutions and services for smart sustainable district: an innovative approach in KPI to support transition", *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, vol. 24, pp. 95-105.

- European Commission (2015), Towards and integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan. Accelerating the European energy system transformation, available at: https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf (accessed 1 Aprile 2020)
- Good, N., Martinez Cesena, E.A., Mancarella, P. (2017), "Ten questions concerning smart districts", *Building and Environment*, vol. 118, pp. 362-376.
- Joint Programming Initiative Urban Europe (2019), Strategic Research and Innovation Agenda 2.0, available at: <https://jpiurbaneurope.eu/app/uploads/2019/02/SRIA2.0.pdf> (accessed 1 Aprile 2020).
- Joint Programming Initiative Urban Europe (2020), Europe Towards Positive Energy Districts. A compilation of projects towards sustainable urbanization and the energy transition, available at: https://jpiurbaneurope.eu/app/uploads/2020/06/PED-Booklet-Update-Feb-2020_2.pdf (accessed 1 Aprile 2020)
- Pinna, R., Costanzo, E. and Romano, S. (2018), "Pathways to ZEED", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 1, pp. 40-44.
- SETIS-Strategic Energy Technologies Information System (2018), "SET-Plan ACTION n°3.2 - Implementation Plan. Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts. June 2018", available at: https://setis.ec.europa.eu/system/files/setplan_smartcities_implementationplan.pdf (accessed 1 Aprile 2020).
- Yan, D., Hong, T., Dong, B., Mahdavi, A., D'Oca, S., Gaetani, I. and Feng, X. (2017) "IEA EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings", *Energy and Buildings*, vol. 156, pp. 258-270.

Fig. 1 - Dilemmas and Areas of Transition to PED. Fonte: SRIA 2.0 JPI UE. Final Draft (2018). Elaborazione degli autori

Fig. 2 - A sinistra le dimensioni della trasformazione e implementazione delle soluzioni SCC: fase/scala di ingaggio in relazione alla categoria di stakeholder coinvolti. A destra, l'espressione grafica dell'efficacia e delle potenzialità della tecnologia del "motion sensor", assunto come caso di studio, misurata attraverso lo strumento logico presentato. Elaborazione degli autori

Fig. 3 - Motion Sensor. Estratto del repertorio di soluzioni SCC. Fonte: Clemente et al.(2018), "Report RdS/PAR2018/041. Analisi delle soluzioni SCC funzionali ai servizi energetici urbani per lo Smart Urban District con focus specifico sui PED Positive Energy District"

Tab. 1 - Modello di analisi della matrice per il riconoscimento ponderato e l'implementazione di soluzioni SCC in un contesto urbano.

BIG DATA ED EVOLUZIONE DEI MODELLI INFORMATIVI A SUPPORTO DELLA SOSTENIBILITÀ

Paola Salvatore¹

Abstract

Il nuovo paradigma di sviluppo sostenibile si traduce in un modello non lineare che mette a sistema fattori diversi. La sfida è oggi rappresentata dalla possibilità di misurare quanto una certa combinazione di fenomeni assicurati o meno la sostenibilità di un sistema complesso come può essere quello di una città. Valutare la sostenibilità di un modello di questo tipo vorrà dire correlare fattori 'materiali' e fattori 'immateriali' utilizzando sistemi in grado di processare la multidimensionalità. La percezione sociale, espressione dei fattori immateriali, riveste un ruolo fondamentale.

Keywords: Sviluppo sostenibile, Modelli informativi, Dati urbani, Big data, Percezione sociale, Machine learning

¹ PDTA – Dipartimento di Pianificazione Design e Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, paola.salvatore@uniroma1.it

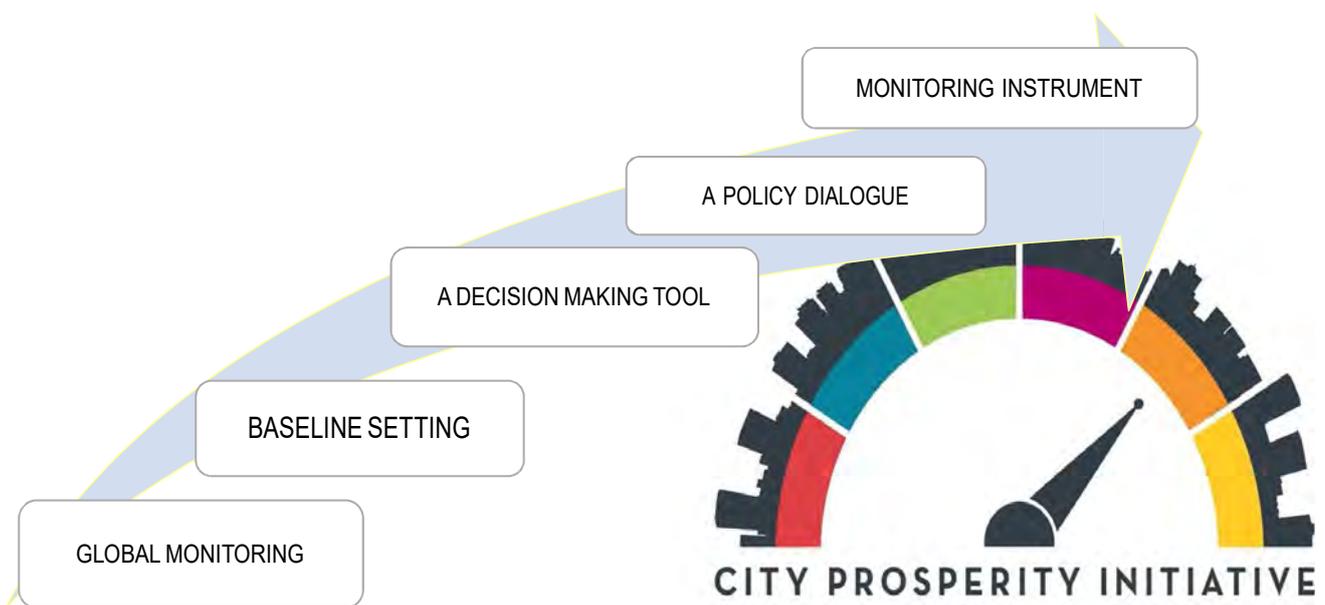


Fig. 1

Il paradigma di sviluppo sostenibile, un modello complesso

Le città contemporanee, sia nei paesi in via di sviluppo che in quelli sviluppati, si trovano, oramai, ad affrontare sfide senza precedenti: emergenze ambientali, sanitarie, economiche, demografiche e umanitarie che richiedono risposte rapidissime. L'impatto irreversibile delle trasformazioni impresse dall'azione umana all'ambiente terrestre ha portato a un progressivo disequilibrio del sistema in tempi sempre più brevi e la pandemia da Covid-19 ne ha mostrato tutta la fragilità mettendo in evidenza quanto sia inderogabile investire nelle protezioni contro possibili scenari di crisi. La combinazione di shock di natura diversa, a cui le città sono sempre più sottoposte, richiede quindi cambiamenti radicali e capacità trasformativa che superano i concetti classici di "flessibilità" e "adattamento" seguendo un principio trasformativo che impone di sfruttare quel momento di crisi a favore di un cambiamento in senso evolutivo (Manca et al., 2017).

«L'attuale emergenza Covid-19 sembra avvertire i governi di tutto il mondo che probabilmente emergeranno nuove crisi di natura imprevedibile poiché la combinazione di fattori quali il degrado ambientale, una società con diseguglianze sempre crescenti e profonde crisi economiche concatenate hanno reso il mondo più vulnerabile. [...] Lo shock Covid-19 è così estremo nella sua durata e intensità che è semplicemente impossibile affrontarlo mediante le capacità di assorbimento o di semplice adattamento del sistema. Pertanto, dovrebbe diventare un'opportunità per progredire e fare un "balzo" avanti attraverso l'adattamento e la trasformazione. Poiché ciò non avverrebbe automaticamente, le politiche devono fornire gli impulsi positivi necessari, con un mix di misure di prevenzione, preparazione, protezione, promozione e trasformazione». Il Report *Time for transformative resilience: the COVID-19 emergency* (Giovannini, Benczur, Campolongo, Cariboni e Manca, 2020), pubblicato dal Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea, pur riconnettendosi esplicitamente agli Obiettivi dell'Agenda 2030¹ (*Sustainable Development Goals – SDGs*), individua in questa che è oramai identificabile come una crisi planetaria legata all'emergenza Covid-19 un'occasione, che non deve essere sprecata in nome dell'urgenza, per stimolare il "cambio di paradigma" verso un nuovo modello di sviluppo sostenibile.

Nel Report si evidenzia, inoltre, come l'"umore sociale" e la "percezione delle persone" avranno un ruolo fondamentale nel compimento di questo processo, poiché questi determineranno i comportamenti, compresi quelli economici, nel prossimo futuro.

La struttura della città è composta oggi da elementi molto differenti, tecnologici, umani, economici, sociali, amministrativi che interagiscono reciprocamente, scambiando informazioni.

Lo stesso paradigma di sviluppo sostenibile, promosso dall'Agenda 2030, si basa su una visione integrata che interessa diverse dimensioni e quindi traducibile in un modello complesso non lineare che mette a sistema fattori diversi e che non può essere valutato e misurato utilizzando un unico indicatore, come il PIL pro capite, adatto a un modello semplificato e che soprattutto non considera altri fattori che incidono in modo significativo sulla qualità di vita delle persone.

La sfida è oggi rappresentata dalla possibilità di misurare quanto una certa combinazione di fenomeni, materiali e immateriali, assicuri o meno la sostenibilità di un sistema complesso come può essere quello di una città.

In quest'ottica diventa sempre più importante investigare i fenomeni (economici, sociali, ambientali, istituzionali) e le loro interdipendenze, utilizzando degli indicatori e verificandone la rilevanza e l'utilità, per arrivare a elaborare modelli matematici aderenti e rappresentativi della realtà allo scopo di utilizzarli con finalità di monitoraggio, predittive, informative e di ottimizzazione delle azioni nel breve, medio e lungo periodo, all'interno di un territorio a varia scala. Valutare la sostenibilità di un modello di questo tipo vorrà dire mettere sullo stesso piano fattori di diversa natura e complessità e misurarne la combinazione.

La gestione dei dati "urbani" nei modelli informativi

A questo scopo un ruolo decisivo hanno le tecnologie emergenti, i *big data* e più in generale la cosiddetta '*data revolution*'² per lo sviluppo sostenibile.

Il Ministero dello Sviluppo Economico, nel 2019, ha reso pubblico un documento *Proposte per una strategia italiana per l'intelligenza artificiale*³, elaborato da un gruppo di esperti, che chiarisce la necessità di dotare l'Italia di un piano strategico per lo sviluppo delle tecnologie emergenti. In questo documento un intero capitolo è dedicato alle soluzioni tecnologicamente orientate allo sviluppo sostenibile e nelle "Raccomandazioni di policy e implementazione della strategia" si legge «è necessario andare oltre l'intelligenza artificiale e ricomprendere nella strategia nazionale tutte le tecnologie digitali abilitanti. La combinazione tra AI e l'Internet delle cose, in particolare, appare foriera di impatti assai significativi nell'ottica dello sviluppo sostenibile e, dunque, del progresso nazionale dal punto di vista economico, sociale e ambientale. Per tale motivo, auspichiamo una strategia di trasformazione digitale del Paese, orientata verso lo sviluppo sostenibile e dunque l'Agenda 2030».

La gestione dei dati raccolti dal comportamento di un edificio, o di un sistema urbano compiuto, può portare, non solo, a raccogliere informazioni, che possono dare la misura di un determinato stato o di un andamento di un determinato fenomeno, ma anche a costruire algoritmi in grado di anticipare scenari e simulare azioni e scelte possibili.

L'opportunità di avere a disposizione simili strumenti a carattere predittivo consentirebbe ad amministratori, progettisti o semplici abitanti di poter intervenire con azioni mirate al fine di riequilibrare una variabile piuttosto che un'altra di un modello complesso, come può essere una porzione di città, al fine di mantenere il sistema in equilibrio.

Alta è l'attenzione sul tema dell'innovazione digitale e sull'utilizzo dei dati anche da parte del Segretariato Generale dell'Onu in relazione all'Agenda 2030 riconfermata dal nuovo Presidente della Commissione Europea. Un percorso iniziato nel 2014 e formalizzato nel Report "*A World that Counts: Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development*" (The UN Secretary General's Independent Expert Advisory Group, 2014) in cui già si dichiarava l'importanza di creare le condizioni per arrivare a gestire dati aggiornati, dinamici, autorevoli e accessibili.

Sistemi informativi

Il programma UN-Habitat delle Nazioni Unite, nel 2012, ha lanciato una prima versione della piattaforma *City Prosperity Initiative* (CPI)⁴ che, basata proprio sulla gestione dei dati 'ur-

1 L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità ratificato nel 2015 da 193 paesi dell'ONU. L'Agenda è divenuta efficace il 1° gennaio 2016. I SDGs prendono le mosse dai *Millennium Development Goals*.

2 cfr. <https://www.undatarevolution.org/data-revolution/>

3 cfr. https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte_per_una_Strategia_italiana_AI.pdf

4 cfr. <http://urbandata.unhabitat.org/>

The Wheel of Urban Prosperity

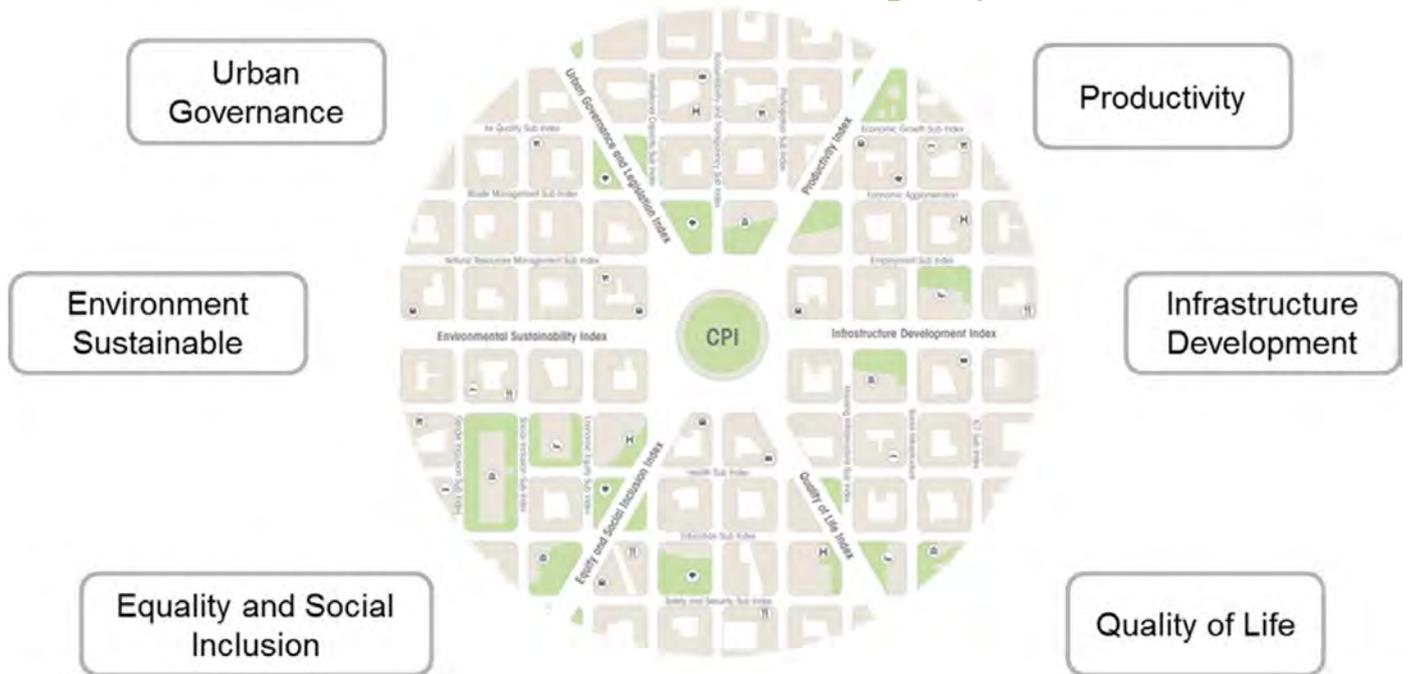


Fig. 2

bani', è finalizzata a costituire uno strumento a supporto delle amministrazioni locali nei processi di monitoraggio e decisionali per l'elaborazione di politiche di sviluppo delle città (Fig. 1).

La piattaforma CPI, aggiornata nel 2017, al momento prende in considerazione un *set* "multidisciplinare" di indicatori (dati, indici e parametri urbani) modulando i quali si simulano scenari possibili e si elaborano risultati che si traducono in conoscenze strategiche. Al momento è stato applicato a quasi 400 città nel mondo (Fig. 2).

Gli indicatori e i parametri presi in considerazione dal sistema CPI si articolano sulla base di sei dimensioni principali: la "produttività" (il reddito pro capite, tasso di dipendenza degli anziani, fatturato per chilometro quadrato, tasso di disoccupazione); lo "sviluppo delle infrastrutture" (disponibilità di spazi per servizi di protezione sociale, accesso all'acqua, numero di medici per abitanti, accesso a internet, morti per incidenti stradali); la "qualità della vita" (aspettativa di vita alla nascita, tasso di mortalità, tasso di alfabetizzazione, livello medio di scolarizzazione, tasso di omicidi); l' "equità e l'inclusione sociale" (coefficiente Gini di distribuzione della ricchezza, tasso di povertà, percentuale di baraccopoli, tasso di disoccupazione giovanile, equa accessibilità alla scuola superiore); la "sostenibilità ambientale" (concentrazione PM2.5, emissioni di CO₂, quota di consumi energetici prodotta da rinnovabili); "governance urbana e amministrazione" (percentuali di partecipazione al voto, accesso agli atti pubblici, giorni per avviare un'attività).

Senza approfondire le modalità di elaborazione e i "pesi" attribuiti ai parametri nella piattaforma CPI, si rileva come l'utilizzo esclusivo di parametri "quantitativi" o comunque rappresentabili e riportabili a un dato numerico ne costituisca un limite in quanto non vengono presi in considerazione tutti quei parametri riferibili a fenomeni le cui qualità si declinano altrimenti (come ad esempio avviene per descrivere fenomeni sociali). La semplificazione nell'individuazione della raccolta e della gestione degli indicatori considerati va a discapito della possibilità dello strumento di cogliere, gestire e tenere conto delle informazioni relative ai fenomeni possibili che si rappresentano ad esempio

per categorie, gerarchie, livelli di qualità, giudizi – come quando si intende esprimere il grado di soddisfazione del benessere personale – fenomeni che esprimono quindi la "percezione" degli attori e degli utenti di una città.

Alcuni studi di psicologia ambientale hanno tentato di affrontare la questione della qualità urbana in relazione a come viene percepita la città dagli *stakeholder* più rilevanti. In particolare, si è sviluppato uno strumento, PREQI (Bonaiuto, Aiello, Perugini, Bonnes, & Ercolani, 1999), che prende in considerazione una serie di indicatori che restituiscono una misura di come le persone percepiscono la qualità di un ambiente residenziale urbano anche in relazione al legame affettivo con il luogo analizzato.

In questo caso si è arrivati a definire 11 scale (Bonaiuto et al. 2003; 2006) organizzate in quattro dimensioni macro-valutative della qualità residenziale: caratteristiche relative ad architettura e urbanistica, caratteristiche socio-relazionali, caratteristiche funzionali e caratteristiche relative al contesto.

La differenza sostanziale tra i due sistemi presentati sta nella restituzione, mentre la CPI di UN-Habitat fornisce misure oggettive, PREQI valutazioni soggettive, una sorta di punto di vista dell'utente sulle stesse questioni (Bonaiuto et al., 2015).

Conclusioni

La complessità del sistema urbano può essere meglio compresa organizzando gli indicatori secondo modelli matematici in grado di esplicitare relazioni e interdipendenze tra fenomeni di varia natura, quantitativi e qualitativi (percettivi), analizzati al fine di raggiungere una migliore affidabilità informativa.

È infatti proprio sull'analisi dei dati generati dai cittadini che oggi si gioca la partita più importante.

I dati qualitativi, che rappresentano impressioni, opinioni, punti di vista, si riferiscono all'elemento umano e includerli in un modello ne aumenta la capacità rappresentativa. Questi possono provenire da fonti diverse; alle modalità standard di raccolta (gruppi di discussione, interviste, lavori di istituti statistici) possono aggiungersi quelle provenienti dal processo di digitalizzazione in ambito urbano (*internet of things, smart building,*

smart city) e quelle legate alla ricerca e all'accesso sul web e sulle piattaforme *social* (preferenze e commenti espressi).

Nel 2016 la Commissione Statistica dell'ONU ha definito 230 indicatori con i quali monitorare il percorso di avvicinamento ai 17 Obiettivi dell'Agenda ma solo a una parte di essi sono stati associati dati utilizzabili direttamente, «si tratta d'investire sia nel lavoro metodologico di definizione di talune grandezze, sia nella raccolta di dati, utilizzando metodi e tecniche moderne in grado di usare, per esempio, i *big data* o le informazioni derivanti dalle nuove fonti» (Giovannini, 2016).

Nella modellizzazione di un sistema complesso risultano sicuramente determinanti la costruzione della cosiddetta “funzione di utilità” e l'attribuzione del “peso” – equivalente di importanza – per ogni indicatore individuato. Oggi però non si può non considerare anche il modo in cui viene processata la multidimensionalità. La piattaforma CPI di UN-Habitat ad esempio considera, sì, un *set* multidisciplinare di indicatori ma processa in maniera tradizionale le variabili, secondo modelli matematici basati su regole predefinite.

Quale potrebbe essere il risultato di un sistema in grado di processare la multidimensionalità secondo un modello in grado di apprendere costantemente dall'esperienza, come il *machine learning*?

Costruire modelli attendibili, in termini di “rilevanza” dei fattori quantitativi e astratti (percettivi) considerati e di ‘individuazione’ della correlazione e attribuzione dell'importanza anche in relazione delle condizioni sotto cui variano nel tempo le dinamiche modellate – insieme con la già attuale disponibilità di tecniche di ricerca operativa, delle tecnologie di intelligenza artificiale e *machine learning* – può rappresentare la strada per simulare rischi o potenzialità e per indirizzare meglio le scelte in un contesto futuro in rapidissima trasformazione, sapendo di dover affrontare in parallelo anche le questioni legate alla sicurezza e alla *privacy*.

Ed è proprio in relazione alla simulazione dei rischi e degli eventi di crisi che si avverte oggi l'utilità di questi modelli previsionali. Prepararsi alla gestione di probabili prossimi *shock*, come nuove pandemie o come quelli derivanti dal cambiamento climatico – inondazioni più severe, siccità, ondate di calore, ura-

gani e innalzamento del livello delle acque e della temperatura – vuol dire anche poter indirizzare gli investimenti in infrastrutture e limitare gli impatti a livello sociale e umano. Per valutare e interpretare l'ambiente urbano, che oggi viviamo, il nuovo paradigma dello sviluppo sostenibile richiede, quindi, innovazione digitale e tecnologie adeguate ma anche una *governance* in grado di gestire efficacemente la complessità del sistema.

References

- Bonaiuto, M., Aiello, A., Perugini, M., Bonnes, M., and Ercolani, A.P. (1999), “Multidimensional perception of residential environment quality and neighbourhood attachment in the urban environment”, *Journal of Environmental Psychology*, vol. 19, pp. 331-352.
- Bonaiuto, M., Fornara, F., and Bonnes, M. (2003), “Indexes of perceived residential environment quality and neighbourhood attachment in urban environments: a confirmation study on the city of Rome”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 65, pp. 41-52.
- Bonaiuto, M., Fornara, F., & Bonnes, M. (2006), “Perceived residential environment quality in middle- and low-extension Italian cities”, *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 56, pp. 23-34.
- Bonaiuto, M., Fornara, F., Ariccio, S., Ganucci Cancellieri, U., Rahimi, L. (2015), “Perceived Residential Environment Quality Indicators (PREQIs) relevance for UN-HABITAT City Prosperity Index (CPI)”, *Habitat International*, vol. 45, pp. 53-63.
- European Sustainable Cities (2003), European common indicators. Towards a local sustainability profile, available at: https://www.gdrc.org/uem/footprints/eci_final_report.pdf
- European Commission (2020), Time for transformative resilience: the COVID-19 emergency, European Commission, Brussels.
- European Commission (2017), Building a Scientific Narrative Towards a More Resilient EU Society Part 1: a Conceptual Framework, European Commission Brussels.
- Giovannini, E. (2016), “La rivoluzione dei big data a sostegno dell'Agenda 2030”, *Equilibri*, vol. 1, pp. 64-69.
- The UN Secretary General's Independent Expert Advisory Group (2014), A World that Counts. Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development, Data Revolution Group, Brussels.
- UN Habitat (2016), Urbanization and development: Emerging futures. World city report 2016, Nairobi.

TECHNOLOGIES AND PROCESSES FOR NEW URBAN HABITATS THE CASE OF THE CITY OF TORONTO

Mariangela Bellomo¹

Abstract

Sustainability, technological innovation and digitalization are key concepts that in-form the transformation processes of the built environment by intervening in the definition of new urban habitats and new ways of living. The paper, part of the debate on the “city of the future”, illustrates, through the case of the City of Toronto, some urban densification phenomena, governed by settlement principles that include concepts such as smart-ness, networking, remote control, etc. and which offer interesting process and product innovations in the field of wood technologies.

Keywords: Smart city, Smart building, The Arbour, Wood, Toronto

¹ DiARC - Department of Architecture, University of Naples Federico II, bellomo@unina.it



Fig. 1

Sustainability and smartness in urban densification projects

The small and large urban settlements are the tangible cultural expression of the societies that inhabit them; they hold the concept of “being in the world” with roots in the past, and a gaze projected towards the future, a future in which it is necessary to contrast that dissipative and climate-altering logic of the last two centuries which, for almost all geologists, climatologists and scientists, has led quickly to the end of the Holocene and the birth of the Anthropocene. Hence the need to reverse the course, to seek a renewed balance between individuals and the environment, to review the material and immaterial relationships between man and the context in which he lives, so to observe the dynamics of persistence and development of large cities, on the one hand, and of survival of villages and small towns, on the other. If the latter have experienced significant depopulation phenomena, undergoing the “dispossession” of health and educational/training facilities and being isolated through the elimination of railways, quite the opposite, large cities have experienced a considerable population growth which has often brought a profound transformation of the urban environment. Therefore, leaving aside the dissertation on small towns¹, the attention is focused on large cities, on megalopolises, on those urban fabrics that, in extending beyond their borders, define and redefine the relationship with the surrounding area.

Therefore, artifact and nature, built space and wild space, city and countryside, constitute binomials structuring the process of construction of the places for inhabiting as well as internal topics to the architectural debate, which, if referred to contemporary cities, finds a significant moment in the reflections and speculations carried out in the 1900s by the architects of the Modern Movement. In 1932, for example, an opposition between Le Corbusier² and Frank Lloyd Wright³ took place. The former supported the vertical development of the city: densification, for Le Corbusier, would have left untouched much of the natural environment necessary for an appropriate life in the big cities; while Frank Lloyd Wright, criticizing the repercussions of the industrial revolution on the life of individuals, proposed a model of horizontal, low-density city where the border between artifact and nature had to be imperceptible, the city had to immerse itself and get lost in nature. Both, however, in expressing a personal vision of the city of the future, demonstrate the need to seek an ecological balance between technical scientific progress and the aspiration to the wellbeing and happiness of individuals. Today, the search for ecological balance is confronted with the first results of the digital revolution. The digital era, in fact, introduces new dimensions of a cognitive, relational and behavioral nature based on the role that a binary code has very quickly played in grafting a specific virtual world into the real world: the bit, a digital element, has met the atom, a physical element (Ratti, Claudel, 2017). From this, the advent of a series of new models derives; models that interpret reality, society, both intellectual and material production processes, etc.; models in which a fundamental role is played by the concept of element network⁴ that connects nodes through preferential paths; generating new environments, new spaces of relationship (Ciastellardi, 2013); intro-

ducing the «space of flows»⁵ (Castells, 2008, p. 149); including the recursive, the circular. And if in Calvino’s visionary read the network is an element that gives shape to the city: «This is the basis of the city: a network that serves as a passage and support» and that gives wisdom of life «Suspended over the abyss, the life of Octavia’s inhabitants is less uncertain than in other cities. They know the net will last only so long» (Calvino, 2018, p.73), for Price, the network generates a new territory where architecture can be brought (Olbrist, 2011).

The network allows smartness: Big Data, IoT, apps, automation, interconnection, remote control make cities and buildings smart, even if smart continues to be a human prerogative that ingeniously uses immaterial tools to “personalize” the habitability of places. Therefore, it is evident that sustainability and digitization can be considered the terms of a binomial that necessarily informs the current transformation processes of cities.

An example, in this sense, is the City of Toronto, a dynamic, naturally multiethnic city in constant growth that continues to expand outside its perimeter and, at the same time, is subject to interventions through urban regeneration and densification actions. A particularly significant area is the *East Bay Front*, where the ongoing design experiments, the Quayside neighbourhood and the new George Brown College student Residence, combine digital innovation and technological innovation in the name of sustainability.

Quayside. The smart city of Toronto.

In 2017 the IT giant Google declares its aim to promote, through the Sidewalk Labs organization and in collaboration with architecture firms and ICT companies, a socio-technological ecosystem to be built on Toronto waterfront. The project hypothesis proposes a *smart* settlement aimed to guarantee, through technological and digital innovation, the appropriate use of resources, energy self-sufficiency, drastic reduction of climate-altering gas emissions, use of renewable and green energy sources, waste recycling and economic sustainability. The small smart city is imagined with Canadian wooden buildings, designed according to Passive House standards; with a series of cameras and sensors connected to a logistics centre to organize the use of the ground floors of buildings designed for different functions; with urban equipment that can be monitored remotely to allow roads, squares and parks to be used in a safety and wellbeing condition; with a light rail, driverless cars, bicycle lanes and pedestrian paths to ensure *green* vehicular and pedestrian mobility; finally with an underground tunnel for heavy mobility aimed at the capillary supply of goods and services, organized through digital infrastructures.

The project intends to experiment with new forms of planning and organization of the city, applied to the regeneration of an interstitial space located along a significant direction of city expansion on the lake coast, an expansion that intends to be inclusive with an economic program that provides, in case the ambitious program is implemented, 40% of the real estate units at a lower rate than the market rate⁶. Finally, *smartness* provides for the active participation of citizens, a condition that is always

1 The author’s studies and reflections on the theme of minor centres are reported in the contributions: Bellomo, M. and D’Agostino A. (2017), “Minor Centres through identity and green development. The study case of Aquilonia”, in *UpLand*, n1; Bellomo, M. and D’Agostino A. (2019), “Interpretare l’orizzontalità. Centri minori, strategie di intervento e sviluppo sostenibile” in *Techne*, 17; Bellomo, M. and Falotico, A. (2019), “Ri-usare per ri-vivere. Paradigmi per il riuso di architetture minori in abbandono”, in *Il patrimonio culturale in mutamento. Le sfide dell’uso*, Arcadia Ricerche, Venezia.

2 Le Corbusier’s article, entitled *An Eminent Architect Dissects Our Cities*, was published on January 3 in the *New York Times*.

3 Frank Lloyd Wright’s article, entitled *‘Broadacre City’: an architect’s vision*, was published on March 20 in the *New York Times*.

4 In the digital language, we find both the word *web* and the word *net* as if we were searching in the new world for clear references belonging to both the pre-industrial and the post-industrial culture.

5 The concept of *space of flows* carries with it the asynchronous dimension of time: past, present and future exist simultaneously.

6 Cfr. <https://www.ingenio-web.it/24460-toronto-punta-a-diventare-una-smart-city>.



Fig. 2

necessary so that innovation is not an incomprehensible imposition for users who would end up nullifying the advantages provided by advanced technologies⁷. Such a project interprets the objectives of the Sidewalk Labs: reinventing cities to improve the quality of life; responding to the challenges deriving from climate change and from the increasing of people's mobility; experimenting an integrated approach for an inclusive, economic and resilient future.

The Arbour. The George Brown College smart building

In 2018, George Brown College announced a competition for the design and construction of a new structure on the *Waterfront Campus*, called *The Arbour* (Fig. 1).

The call set the following objectives: to use wood structural systems, to use low carbon construction techniques, to achieve excellent energy performance, to include smart building technologies, to obtain LEED Gold certification, to offer resilient, flexible and editable spaces.

Moriyama & Teshima Architects and Acton Ostry Architects won the competition by proposing a building that challenges Canadian technical standards related to school buildings, to propose an innovative wooden construction system that, if approved, will modify the technical standards in force and will be replicated in other similar constructions.

The ten-storey facility has a central spine in which the lifts, stairs and elevators will be placed, which will serve collective spaces and single-function rooms, such as reading rooms, classrooms, computer labs (Fig. 2). A nursery, a Fitness Centre and administrative spaces complete the set of functions located in a spatial and volumetric organization that encourages socialization among users (Fig. 3). The building abandons the hermetic sealing criterion to be configured as a system of elements capable of "breathing", thus proposing a completely new design criterion in the construction culture of Toronto Indoor wellbeing is entrusted to the masterly play of room distribution, to the

use of passive solar systems, to the use of systems powered by renewable sources and to a careful design of the building envelope. In particular, from the third floor onwards, the solar chimneys located on the east and west elevations become the outflow channel for the natural ventilation, obtained by drawing the winds intercepted by operable windows up and through soundproofed ducts located into the slabs. A volume placed between the solar chimneys and the internal walls, the *Breathing Room*, will collaborate in natural ventilation as a thermal buffer. Photovoltaic and connection to a district energy system that will utilize deep water cooling, will guarantee the necessary energy for the building livability (Fig. 4). The building-plant system is designed to resort to mechanical air conditioning for the rooms in summer and winter, while in spring and autumn, when the climate is milder, the building will operate with only passive systems. Each floor has its own machine rooms and is therefore autonomous and independent from the other floors in the management of the systems.

The wood construction system is based on a discrete structural scheme with a series of slender lamellar wood pillars that "fit" into CLT (cross laminate timber) flat plates. The thickness of the floor increases in correspondence with the structural mesh, generating a sort of grid of lowered beams. It is an innovative, modular, dry-assembled system, designed by Fast+Epp, structural engineers for the Arbour in concert with the manufacturing world and tested by a university laboratory. One goal to be achieved is the speed of construction. In fact, one week is the estimated time to build a structural level.

The prefabricated modules that will make up a large part of the envelope, show an irregular system of shielding, so as to encourage, together with the large windows on the first floors, the entry of natural light; the internal partitions will generate flexible, adaptable spaces to the various possible and desired uses.

The building is designed to be smart, to the extent that it will be possible to manage remotely a series of devices connected to its functionality and to monitor its performance.

7 The description of the project derives from a series of data collected at the info point organized by Sidewalk Labs in Toronto in July 2019.



Fig. 3

The Arbour aims to be a pedagogical building, a “manifesto” through which it is possible to transmit the basic principles for the construction of cities aimed at the wellbeing of individuals and the respect for the environment⁸.

Conclusions

The described cases highlight the inseparability of contemporary projects from the tools and the *environments* introduced by digital culture; such tools and environments allow, on the one hand, to update ancient processes, such as the participation of the community in the transformation of the places of living, the connection between idea and construction, the use of renewable sources, etc.; on the other hand they allow to activate new processes, such as the dialogue between different operators in an eternal now; the remote control of everyday life spaces; conceiving architectures as dynamic systems that «behave as living organisms, rather than resembling them» (Ratti, Claudel, 2017, p. 57). The described projects, aside from their construction, represent the current way of thinking about the transformation of the places for inhabiting; they restore the need to expertly relate the aspects and factors of digitization with the forms and methods of contemporary living; the need to invent the future starting from the reinterpretation of the real-virtual combination, always present in architecture (Maldonado, 1993).

«Marco Polo describes a bridge, stone by stone.

But which is the stone that supports the bridge? – Kublai Khan asks. The bridge is not supported by one stone or another, – Marco answers, – but by the line of the arch that they form.

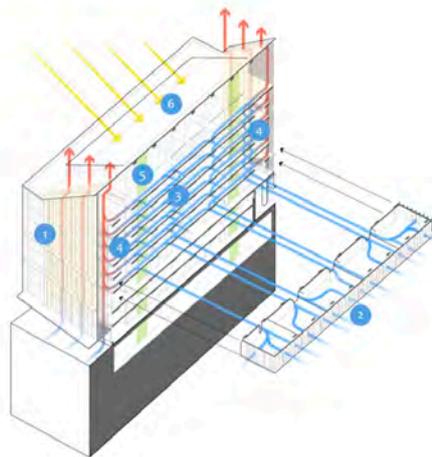
Kublai Khan remains silent, reflecting. Then he adds: – Why do you speak to me of the stones? It is only the arch that matters to me. Polo answers: – Without stones there is no arch». (Calvino, 2018 p.81)

References

- Calvino, I. (1972), *Le città invisibili*, Oscar Mondadori, Milano
- Castells, M. (2008), “Lo spazio dei flussi”, *Dialoghi internazionali*, vol. 7, pp. 146-155.
- Ciastellardi, M. (2013), “Il web come lo spazio della relazione. Prodomi di un’ecologia del testo”, in Ciastellardi, M., Andreozzi, M. (ed), *Ecologia del Testo. Esperienza del Pensiero*, Milano, pp. 245-264.
- Le Corbusier (1925), *Vers une architecture*, Source gallica.nf.fr/ Bibliothèque Nationale de France, available at: https://www.mondothèque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier_vers_une_architecture.pdf
- Le Corbusier (1932), “An Eminent Architect Dissects Our Cities”, *New York Times*, January 3, 1932, p.10.
- Maldonado, T. (1993), *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano.
- Olbrist, H.U. (2011), *Re: Cp. Cedric Price*, Lettera Ventidue Edizioni, Siracusa.
- Ratti, C. and Claudel, M. (2017), *La città di domani*, Einaudi Editore, Torino.
- Sacchi, L. (2019), *Il futuro delle città*, La Nave di Teseo editore, Milano.
- Wright, F.L. (1932) “Broadacre City: an architect’s vision”, *New York Times*, March 3, 1932, p. 8

⁸ The description of The Arbour derives from a series of meetings held during a study trip made in July 2019, with prof. Luigi Ferrara, Dean of the Centre for Arts, Design & Information Technology of George Brown College, and the architect Veronica Madonna, member of Moriyama & Teshima Architects.

Sustainable Strategy – Passive Mode



- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1 SOLAR CHIMNEY | 7 CEILING FANS |
| 2 OPERABLE WINDOWS | 8 ACOUSTIC TRANSFER VENT |
| 3 VENTED HALLWAYS | |
| 4 BREATHING ROOMS | |
| 5 DE-CENTRALIZED MECHANICAL | |
| 6 SOLAR HARVESTING | |

Moriyama & Teshima Architects / Acton Ostry Architects

Fig. 4

Fig. 1 - The Arbour. The project is a testing ground for experimentation and innovation, both in relation to the wood construction system and to the technical solutions connected to the behaviour of the building, conceived as a system that breathes. Source: Veronica Madonna - Moryama & Teshima Architects

Fig. 2 - The Arbour. The articulation of the interior spaces, the use of systems powered by solar energy and renewable sources, the careful design of the building envelope contribute to the definition of an architecture characterized by key concepts as society, environment, energy and digitalization. Source: Veronica Madonna - Moryama & Teshima Architects

Fig. 3 - The Arbour. A glass structure surrounds the north side of the building for the first three levels, allowing to wander with the view outwards, towards the city. Source: Veronica Madonna - Moryama & Teshima Architects

Fig. 4 - The Arbour. The building-plant system is based on the use of HVAC in summer and winter and passive energy systems in spring and autumn. Source: Veronica Madonna - Moryama & Teshima Architects

LE HYBRID ZONE COME MODELLO DI MITIGAZIONE DELLE VULNERABILITÀ DEI SISTEMI INSEDIATIVI

Francesca Ciampa¹

Abstract

Nel contesto di emergenza ambientale è possibile pensare il mondo come un insieme di oggetti in connessione tra loro e guardare la tecnologia come elemento di trama tra la natura, la società e l'economia. La ricerca riflette sulle *cutting-edge technologies* e indaga le pratiche di integrazione tra i sistemi tecnologici innovativi e i sistemi insediativi vulnerabili avente carattere di adattabilità e replicabilità multiscale. Le città sono disumanizzate a causa della loro incapacità ad accogliere soluzioni high-tech e necessitano di un modello urbano che si ibridi con l'innovazione.

Keywords: Hybrid Zones, Actor-Network Theory, Dicotomia natura/cultura, Cutting-edge technologies, Urban Technology

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, francesca.ciampa@unina.it

Introduzione

Il contributo si colloca all'interno di una sperimentazione scientifica condotta nell'ambito della ricerca di Dottorato presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Il tema assume rilevanza nel settore dell'*Urban Technology*, una branca che indaga la relazione tra il cambiamento climatico e il progresso scientifico nei sistemi insediativi (Coutard et al., 2004). Il surriscaldamento globale spinge la ricerca a riflettere sulla condizione di emergenza ambientale che percorre trasversalmente ogni campo del sapere. La ricerca mira ad analizzare processi sperimentali di integrazione tecnologica finalizzati alla mitigazione delle criticità. Le problematiche principali derivano dall'incapacità dei sistemi insediativi di rispondere alle esigenze evolutive dei contesti ambientali e tecnologici in cui essi sono calati (Escobar, 1995). Per tali motivi, le città mirano a ricucire le diverse dimensioni che concorrono alla connotazione dei propri habitat in trasformazione. L'assunto di riferimento, attribuibile alla visione dicotomica della città, è il pensiero della "proliferazione degli ibridi" applicabile nei diversi campi della ricerca (Latour, 2015). In questo ambito di emergenza, la discrepanza tra le scienze della città viene letta alla luce dei recenti processi di modernizzazione, i quali hanno inciso sulle relazioni tra ambiente, società e tecnologie. In questa logica di connessioni, la città cerca di evolversi secondo trasformazioni multi-scalari governate da approcci multidimensionali. La relazione tra la società e la tecnologia non può più essere banalizzata ad una circostanza di causa-effetto ma deve essere ripensata come una realtà formata da sistemi interconnessi (Beauregard, 2012). Sulla base di queste considerazioni si sviluppa il modello dell'*Actor-Network Theory* (ANT), il quale guarda ogni analisi scientifica come una rete complessa di relazioni tra umani e non umani, raggruppati sotto il termine di "attanti" (Latour, 2015). La metodologia del contributo mutua questa visione dall'approccio integrativo delle relazioni tra attori, combinando queste ultime a quelle sviluppate dalla tecnologia nel contesto di sperimentazione. Lo studio punta ad attenuare così la dicotomia tra la cultura e la natura accordando l'analisi prestazionale dei processi insediativi alle pratiche di ricerca sul campo (Ciribini, 1987). Il caso in esame fa riferimento alle tecnologie utilizzate per fronteggiare i fenomeni di acqua alta nella città di Venezia. Da un lato la ricerca agisce nell'orizzonte multi-scalare della città veneta, analizzando le azioni governate da approcci multidimensionali, al fine di rinsaldare i sistemi relazionali in aperta comunicazione tra loro. Dall'altro lato, studia le soluzioni spri-

mentali applicabili e replicabili, riflettendo sull'erronea visione salvifica delle *cutting-edge technologies* (Anthopoulos, 2017).

Gli esiti del contributo offrono un nuovo quadro di visione delle città costiere attraverso una riflessione sulla necessità di una tecnologia che si integri al sistema insediativo di riferimento e che spinga il modello urbano ad ibridarsi con l'innovazione. Questo modello di sperimentazione determina lo sviluppo di *Hybrid Zones*, aree di commistione che restituiscono, mediante la trasformazione di siti non ancora definiti all'interno del tessuto della città, la misura concreta degli esiti dei processi di integrazione tra la tecnologia e la natura nei sistemi insediativi vulnerabili (Bamford et al., 2015). L'operazione di riqualificazione associata a questi luoghi è strettamente dipendente dalla scala di lettura delle dinamiche territoriali nonché variabile in funzione del rapporto tra il contesto e gli impatti di intervento. In tal senso, è possibile identificare i *waterfronts* delle aree costiere come esempi di zone ibride, in cui fronteggiare gli impatti che il cambiamento climatico determinano nel contesto insediativo e le vulnerabilità derivanti dalle pratiche di adeguamento.

La metodologia ANT

La metodologia si basa sull'*Actor-Network Theory*, approccio fondato sull'idea di non pensare più gli enti (la tecnologia, la società, l'economia, l'ambiente naturale, la cultura) in quanto oggetti-chiusi ma come elementi di cui mappare l'invisibile attributo (Latour, 2015). Gli elementi principali che vengono sostenuti da questa teoria sono *relational materiality* e *performativity*: il primo nasce dall'idea che gli enti sono il frutto di connessioni; il secondo guarda le entità in qualità di elementi che acquistano la propria forma come risultato delle relazioni in cui essi sono spazialmente immersi. In questo sistema reticolare si trovano dei punti di contatto chiamati "nodi", i quali rappresentano il prodotto da cui, e attraverso il quale, le relazioni che compongono la rete si distribuiscono (Fig. 1). Questa teoria ci permette di agire senza dover distinguere nettamente tra umani e non-umani e, quindi, di studiare questi ultimi come "attanti" (Latour, 2015) slegando l'essere umano dal ruolo di protagonista, fino ad oggi posto in maniera dominante su tutto ciò che è non-umano e di rapportarlo equamente all'ambiente e alla tecnologia. L'attenuazione di questa subordinazione consente al valutatore di raccogliere le informazioni scaturite dalle reti analizzando le cause secondo cui l'*actant* realizza le proprie azioni. Il contributo rilegge la tecnologia attraverso l'interpretazione del sapere esperto restituito dall'attante riguardo il grado di integra-

zione delle prestazioni offerte dalle tecnologie innovative e il livello di accettazione dell'ambiente preesistente. Il percorso di conoscenza e analisi è condotto secondo una fase di raccolta di fonti dirette, la cui elaborazione potrà essere successivamente integrata a quelle provenienti dalle fonti indirette. Combinando l'analisi prestazionale dei processi insediativi nell'unità ambientale su larga scala è possibile restituire una prefigurazione delle prestazioni attese in termini di integrabilità delle soluzioni innovative tramite un sistema di interviste ad interlocutori privilegiati (Pinto and Viola, 2015). Da queste analisi emergono la scala dimensionale dell'intervento e il tipo di cogenza determinato dagli attori nel processo di ibridazione. L'individuazione e l'interlocuzione con un *actant* privilegiato restituisce l'ordine di priorità delle fasi di ibridazione, le preferenze inesprese di uno stakeholder e i conflitti ipotizzati e derivanti dalle scelte progettuali. L'attore privilegiato determina quindi le azioni significative del processo e il relativo peso (l'importanza) che egli attribuisce loro.

L'Hybrid Zone: verso la realizzazione del MOSE di Venezia

L'obiettivo è quello di ripensare, attraverso una critica costruttiva all'innovazione tecnologica, un modello di riqualificazione dei siti vulnerabili delle città. L'ipotesi che la ricerca sostiene è quella del modello urbano delle *Hybrid Zones* (Bamford, et al. 2015), habitat trasformativi che cercano di riequilibrare biosfera (terra, mare e aria) e tecnosfera (città, industria, commercio e governo). In questa chiave di lettura viene analizzata la sperimentazione del MOSE in quanto esperienza concreta dell'integrazione tra una soluzione tecnologica spinta ed un sistema costiero vulnerabile dall'identità consolidata. Il MOSE restituisce la misura del livello di ibridazione tra la società, la tecnologia e la natura: nella laguna veneta l'attitudine di un popolo rispetto al cambiamento del contesto e del paesaggio ha influenzato la scelta della soluzione difensiva adottabile. Ciò dimostra quanto la percezione della popolazione rispetto all'immagine di un contesto insediativo vulnerabile possa impattare sui cambiamenti dello spazio fisico della zona ibrida, incidendo, a sua volta, sulla tipologia di intervento tecnologico da attuare. Quanto detto è verificabile attraverso la lettura critica delle indagini dirette, derivanti dalle ricerche condotte sul campo e delle interviste agli interlocutori privilegiati (Elena Zambardi, Responsabile Comunicazione e Relazioni Esterne presso Consorzio Venezia Nuova). Il coinvolgimento di *stakeholders* privilegiati ha consentito la costruzione di un quadro esplicativo riguardo la tecnologia in sperimentazione: è possibile affermare che la macchina difensiva è ad uno stato di avanzamento di circa il 97% del processo di completamento. La fase in cui si trova, denominata di perfezionamento, rispecchia la duplice natura della tecnologia in realizzazione: il funzionamento di difesa meccanico delle barriere mobili rappresenta la sezione di un piano strategico difensivo molto più ampio e complesso. Quest'ultimo, infatti, consta dell'ultima parte delle operazioni di rinforzo e difesa dei litorali costieri. I *waterfronts*, infatti, rappresentano elementi naturali complementari alla sperimentazione in esame e, per tale motivo, hanno indicato il ripristino morfologico della laguna come prima parte di un piano integrato di opere per la protezione ambientale in senso lato. Le barriere mobili per la difesa dalle acque alte sono, invece, l'ultima e fondamentale fase del programma di interventi di integrazione tecnologica. La realizzazione, infatti, è iniziata solo a seguito della sanificazione della laguna, operazione che ha garantito il potenziamento meccanico del sito mediante l'integrazione di un sistema di 4 barriere mobili di difesa. Queste ultime sono attualmente ultimate,

cioè installate e posizionate nella loro sede, in attesa dell'ultima fase di completamento. La commistione tra elementi naturali e tecnologici, ha determinato così la proliferazione di luoghi ibridi, *Hybrid Zones*, che assieme formano una nuova coscienza insediativa della laguna veneta. La zona costiera si propone come un modello ibrido prodotto dall'inserimento della tecnologia protettiva, la quale si sviluppa in relazione all'esigenza umana, alla morfologia ambientale e all'utilizzo funzionale delle barriere mobili del MOSE. Gli elementi principali che compongono la macchina costiera sono i cassoni, le paratoie e le cerniere: oggetti prefabbricati e realizzati in situ, montati e trasportati tramite il principio di galleggiamento fino al punto di riposo e, successivamente, zavorrati sul fondale con un sistema di catamarano. Il peso del loro posizionamento è stato sostenuto da un complesso di trincee di palancolato, composto da circa un migliaio di pali, integrato al fondale al fine di evitare cedimenti differenziati sulla superficie palustre durante l'operazione di assestamento e congiunzione dei cassoni. Questi ultimi sono collegati tra loro mediante un doppio sistema di giunti idraulici all'obiettivo di creare una continuità di gallerie interne per la manutenzione degli impianti tecnici. La tecnologia è sia digitale che meccanica e, in quanto tale, se non viene utilizzata il suo tempo di usura si amplifica e la sua avanguardia diminuisce (Turner, B.L. 2010). Nei processi di realizzazione di queste soluzioni tecnologiche protettive la fase dedicata alle prove di collaudo tecnico/funzionali sono propedeutiche all'integrazione finale tra sistema naturale e meccanico. Il MOSE, infatti, ancor prima di essere un'opera per il Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti commissionata dall'ex Magistrato delle Acque, è un intervento realizzato per la città di Venezia, il cui esecutore tecnico concessionario è il Consorzio Venezia Nuova. L'obiettivo

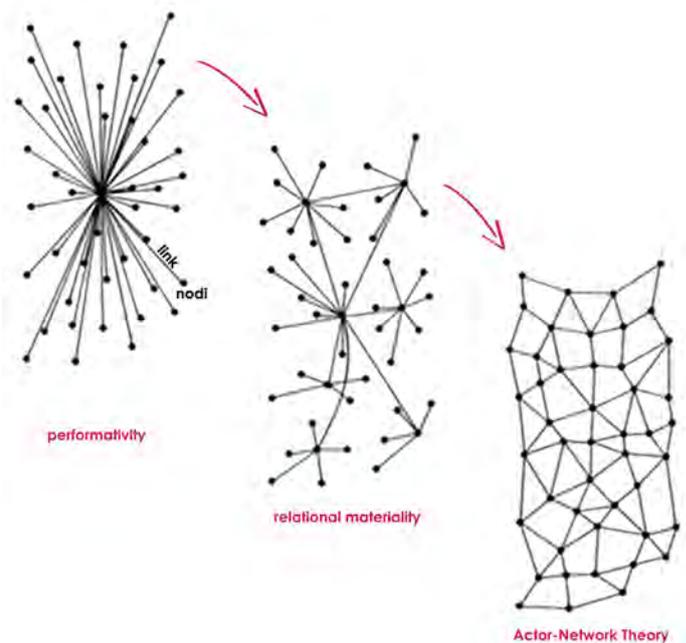


Fig. 1

di questo appalto tenta di fornire una valida possibilità di restituire ai cittadini il loro diritto alla città attraverso la costruzione di spazi urbani consapevoli della propria funzione tecnologica e sociale.

Allo scopo di mitigare il fenomeno delle acque alte, sempre più frequenti e massive, si unisce quello di creare una forma protettiva poco impattante a livello ambientale e visivo. Il MOSE, composto da 4 sistemi di dighe a paratoia, è considerata ancora oggi la tecnologia proposta più integrabile al contesto sia per-

ché è una soluzione a scomparsa (non essendo visibile in fase di quiete) e sia perché il funzionamento garantisce la continuità di scambio tra il mare e la laguna nel pieno rispetto dell'equilibrio ecologico.

Inoltre la tecnologia è stata progettata nel rispetto dei flussi economici che governano il territorio: le barriere realizzate sono 4, sebbene le bocche di porto siano 3, proprio per rendere sicuro il funzionamento nei limiti di esercizio. Questo ha permesso di rispettare il principio di invisibilità delle paratoie e di consentire anche in caso di acqua alta, attraverso Conche di navigazione, il passaggio dei pescherecci diretti al mercato ittico per la bocca di Chioggia e delle navi commerciali per la bocca di Malamocco. Il funzionamento della tecnologia segue il controllo e l'avviamento tramite il monitoraggio umano proprio per ibridare il funzionamento digitale a quello meccanico e, soprattutto, per scongiurare falle dei sistemi dal punto di vista elettronico. Il processo di integrazione tra la tecnologia e l'ambiente vulnerabile non si limita all'atto dell'inserimento della soluzione ma guarda all'intero ciclo di vita della macchina idraulica. In coerenza con quanto affermato, lo studio della manutenzione deve mirare verso la capacità di adeguamento dei sistemi difensivi all'evoluzione tecnologica che segue. Essendo la soluzione tecnologica non ancora azionata nella completezza della sua progettualità, desta preoccupazioni l'evolversi dei tempi riguardo alle capacità manutentive delle stesse parti meccaniche e digitali, nonché all'arretratezza della soluzione di cui si compone.

Conclusioni

Il contributo guarda al principio dell'integrazione come paradigma per la mitigazione delle vulnerabilità e per la creazione delle zone ibride. L'integrabilità, considerata come l'insieme di condizioni relative all'atteggiamento delle unità e degli elementi di un sistema a collegarsi funzionalmente l'un l'altro, è requisito necessario al riequilibrio dello sbilanciamento relazionale tra il contesto urbano (ambientale e tecnologico) e i suoi cittadini. Per chiarire, ancora meglio, l'importanza che l'integrazione gioca nei processi di intervento, il caso del MOSE è posto come paradigma dell'interazione tra l'uomo, la tecnologia e la natura. Alla luce di quanto detto precedentemente, la trattazione del caso del MOSE è stata sviluppata come evoluzione del pensiero latouriano supposto nella metodologia per cui l'innovazione tecnologica non è considerata più come soluzione salvifica aprioristica, ma strettamente dipendente dalle modalità in cui essa si misura

con il territorio. Il caso del MOSE evidenzia come ogni soluzione tecnologica ha una diversa capacità di ottimizzare le risorse del luogo, e in questo senso, può essere classificata secondo un differente grado di efficienza. La sperimentazione si pone come trasformazione concreta del rapporto tra attori, processo e territorio per mezzo dei processi propri della teoria dell'ibridazione. La sfera ibrida si colloca nell'intersezione tra l'ambito materiale e quello umano: dall'ambito materiale è possibile indagare le prestazioni che si prospettano, diversamente dall'ambito umano è possibile dedurre i bisogni che guidano le scelte progettuali (Kourtit and Nijkamp, 2012).

Nel caso del MOSE ciò è evidente in quanto ogni azione d'intervento è stata indirizzata prestando attenzione alle nuove esigenze degli utenti, ai requisiti della laguna e alle prestazioni tecnologiche legate all'evolversi dei tempi. Questo processo di ibridazione ha perseguito l'obiettivo di favorire la rigenerazione del contesto urbano prestando specifica attenzione alla necessità di far fronte ai danni climatici e alle esigenze inespresse di una comunità. Il caso studio dimostra come le tecnologie sapientemente innestate a livello funzionale possono ridisegnare le dinamiche urbane, sociali ed economiche del cuore delle città senza danneggiare le diverse parti interessate.

References

- Anthopoulos, L. (2017), "Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases", *Cities*, vol. 63, pp. 128-148.
- Bamford, H., Sutton-Grier, A.E., Wowk, K. (2015), "Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems", *Environmental Science & Policy*, vol.51, pp. 137-148
- Beauregard, R. (2012), "In search of assemblages", *CRIOS*, vol. 4, p. 11.
- Ciribini, G. (1987), "Della cultura tecnologica della progettazione", in Gangemi, V., Ranzo, P. (eds), *Il governo del progetto*, Edizioni Luigi Parma, Bologna, pp. 51-61
- Coutard, O., Hanley R.E., Zimmerman, R. (2004) *Sustaining Urban Networks. The Social Diffusion of Large Technical Systems*, Routledge, NY.
- Escobar, A. (1995), "New technologies and the reinvention of culture", *Futures*, vol. 27, pp. 409-421.
- Kourtit, K. and Nijkamp, P. (2012), "Smart cities in the innovation age", *Innovation: The European Journal of Social Sciences*, vol. 25, pp. 93-95.
- Latour, B. (2015), *Non siamo mai stati moderni*, Elèuthera, Milano.
- Pinto, M.R. and Viola, S. (2015), "Sedimented identities and new prosperity for productive urban landscape", *BDC*, vol. 15, pp. 71-91.
- Turner, B.L. (2010), "Vulnerability and resilience: coalescing or paralleling approaches for sustainability science?", *Global Environmental Change*, Elsevier, pp. 570-576.

THE SOUL OF THE SPACE

Peian Yao¹, Stefano Follesa²

Abstract

When people are in a place, their five senses can create connections with the space. The interaction between space, people and objects forms an “activity scene”. The life scenes that take place in the urban spaces compose the image of the city. The life scene is an expression of culture that can be perceived, recognized and remembered by people, both by citizens and travellers. Life scenes also reflect the social structure of a place to some extent. This paper considering urban spaces as a place of “artistic dwelling”, points out the connection among civilization, urban spaces and genius loci, and proves that the defence of the genius loci and the diversity of lifestyles can be a determining factor in the future development of cities. The paper investigates the diversity of urban spaces in three different aspects. In the first part, it discusses the relationship between people, space and objects, according to the “field theory” (Kurt Koffka) and the “human senses theory” (Juhani Pallasmaa). This part investigates how spaces affect lifestyles that take place. The second part analyses the use of narrative methods and some innovative experiences in the development of new technologies in the public spaces. The third part is also the conclusion part and, combined with the previous discussion, looks for a new spatial narrative method as a method that can create interactive experiences between spaces and people.

Keywords: Genius Loci, City Technology, Digital Narrative, Urban space

¹ DIdA - Architecture Department, University of Florence, peian.yao@unifi.it

² DIdA - Architecture Department, University of Florence, stefano.follesa@unifi.it

Introduction

Culture is about phenomena, while civilization is about time. Culture changes with the passage of time, while civilization represents the identity of a place. The adherence to the identity of a place is a necessary condition of living and consists of intangible elements and tangible objects that define the spaces of living. Art is the best way to convey people’s inner sensitivity to tangible things. The Norwegian architect Christian Norberg-Schulz was among the firsts to highlight the relationships between living and art in the definition of genius loci: «The concretization is the function of the work of art in opposition to the abstraction of science [...] the work of art helps the dwelling of people» (Schulz, 1981, p. 23).

The investigation on the relationship between places and people began at the beginning of the 90s in the dialogue between the design disciplines and the social sciences, highlighting how much our ideas and behaviors depend not only on “who we are”, but also and above all on “where we come from”. Nowadays, the rise of information and communication technologies (ICT) is interwoven with the transformations of the city’s spaces. The way we interact with space and the urban environment has changed radically. The challenge we face today is to understand how the new communication technologies can help us answer these two questions. Norberg-schulz et al. believe that the city is a collection of places that takes care of the feelings of people’s daily lives. As a primate species in the universe, the meaning of people’s homes is not only related to abstract logics such as science, technology and data, people need imagination, emotions like surprise, excitement, romance, etc.

The aim of this contribution is to understand how new technologies can promote the narration of cities, thus enabling people to better dwell in cities. Based on theoretical analysis and cases classify analysis, the text analyses the theme under the scrutiny of three aspects related to urban space:

1. People, spaces and things;
2. The digital narrative models;
3. Conclusion—The construction of a new narrative model.

People, spaces and things

The Chinese geographer Yifu Tuan writes about space: «when space feels thoroughly familiar to us, it has become place» (Tuan, 2005, p.73).

Our identification with places takes place based on the perceptions and sensibilities that each place transmits to us. These perceptions depend on subjective personal factors and elements of knowledge that help us understand the specific culture of that place. Every place in fact is defined in our relationship with the culture that generated it.

Japan and China, for example, have concepts, related to private space, that are often antithetical. Japanese architecture works around the concept of “emptiness”. Space is a container that according to Japanese religion, once built, houses the gods that regulate the relationships between people and spaces. Space therefore in Japan assumes meaning, even if it has no further elements, as a “spiritual” space.

In Chinese philosophy through the interpenetration of yin and yang “man and nature live in harmony”. The universal order is constituted by the equilibrium of these two complementary principles and thus, on the contrary, also space is determined by the presence of natural elements which mediate between man and space.

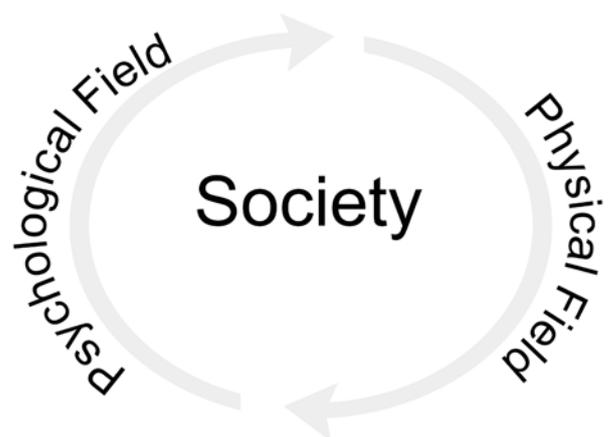


Fig. 1



Fig. 2

The Field Theory

In the explanation of social psychology, field theory is a conceptual model of human behaviour: every human action is influenced by the field in which the action takes place.

Field theory investigates the interactions between the psychological field and the physical field. It refers not only to space but also to the behaviour of people in space and the factors associated to it (artistic, political, religious, etc.); so, the physical factors and also the intangible connections that characterize them.

People in the same space are influenced by the physical field but at the same time generate a psychological field and this, in turn, affects the physical field again. Consequently, a circularity is created (Fig.1), which defines the interaction between people and spaces. If the physical field is altered in a reckless way the circularity is interrupted; such is the case of architectural transformations that make the spaces extraneous to the inhabitants.

Think of what happened in Chinese society in the mid-1960s. The changes dictated by the cultural revolution have completely altered the “face” of the cities by deleting the elements in which people can identify, that were the basis of the circularity specified above. This broke the balance of the camp and caused the rigidity of social ideology and the loss of a public aesthetic consciousness.

Even in the theories of Kurt Koffka (1886-1941), a German psychologist and exponent of gestalt psychology, spaces are both psychological spaces and physical spaces. The psychology of gestalt, which inspires the subsequent Cognitivism, is a school of psychology focused on the themes of perception and experience. In other words, people’s behaviour originates and is ruled by their environment.

Quoting the story, told by a Chinese friend, concerning a travel experience in a European city, as an example of personal experience in an urban space, he says: «when I was walking in the city center, I followed the music to the church. On one side of the church, there was a long queue to buy tickets. Besides it was a musician playing the cello. Many people around him, and a few pigeons standing on the windowsill of the church, sometimes flying away [...], I stood on the ancient stone road, facing the marble wall of the cathedral, and looked up at the blue-grey sky [...], listening to the melody from the cello. At that moment, the place dismisses all my strangeness to the city. I feel that strangers are immersing like me. I really feel that I have been included into this city psychologically [...]».

This description suggests the relationships between space and perception. The physical environment is the pavement of the Duomo, the marble walls, the ancient stone streets. The be-

havioural environment consists of all the sensitive elements that interact in space: the people in line, the musicians playing, the people standing listening, etc.

All this builds a pleasant experience of which the narrator clearly remembers the details. When people are together in a place, they do not deprive others of space but rather they amplify their perception by providing a “sensory” support. By contrast, conflict situations in crowded places create a state of space that affects our perception of space.

People in a space field share a common archive of knowledge. This knowledge builds the personal experience of each inhabitant. Urban renewal sometimes destroys experiential baggage by generating a confused knowledge of space. Let us take as an example the hutongs of the city of Beijing.

Hutongs are narrow lanes formed by rows of siheyuan, the traditional courtyard dwellings of the historic center of Beijing and by extension a historic district with a defined operating system: the street vendors used to exhibit their goods at certain times in certain spaces adjacent to the residences. Their voices were a signal to the siheyuan inhabitants, who rushed to negotiate or dialogue with each other. The inhabitants knew perfectly well when vendors would arrive in the Hutong and the mechanics of sales, and over time this had been a tacit experiential model.

Today, inside the hutong, the spaces of commerce have become parking spaces and the presence of street vendors has been replaced by runners who deliver goods ordered online. The system of knowledge and sharing of space has been destroyed to the detriment of public spaces that are now alien to the lives of residents.

In the natural landscape, people use all the elements of perception: sight, hearing, touch and smell collaborate in a simultaneous vision that accompanies the practice of physical activities. In the contemporary city we are largely deprived of many of the sensory perceptions and our activities are unbalanced towards a visual detection (Pallasmaa, 2012). In the natural space, the experience of perception is complete and the five senses interact in a multisensory experience. In the urban space, the emphasis is on visual aspects which form the basis of a purely aesthetic experience.

The narration of the city

In the development of the contemporary city, bonds made of knowledge and experiences between people and spaces have gradually disappeared. They are still present in small villages or in the rural dimension of living but are gradually disappeared in globalised cities.

In a phase in which “diversity” is rapidly being replaced by “uniformity”, our identifying with places has been lost and, in the same way, the knowledge of those physical and perceptive elements that made them unique. So the spaces are more and more spaces of the transition and increasingly less spaces of permanence and sociality. The processes of “deterritorialization” and “despazialization” caused by globalization and the social mutations occurred started a gradual process of detachment from the city spaces replaced by non-places (Augè, 1992).

The responsibility to raise opposition to these changes necessarily falls on the work of the designers. The project of the city imposes the need to develop practices able to face locally in an integrated way the totality of the processes in order to rediscover the geocultural richness of the places, up to the invention and reinvention of a multiplicity of knowledge and elements of diversity.

The relationship between contemporaneity and memo-

ry emerges as key issue in the project reflexions on the public space. It is therefore necessary to find the ways to repair lost knowledge. The “narrative processes” can be the instrument with which to reactivate the knowledge systems; the practices of the “narrative design” are nowadays progressively contaminating the urban planning reactivating modalities of acquaintance of the spaces by the inhabitants. The shop windows, city sculptures, multimedia art in the squares, the large digital screens on the streets or other installations in public spaces constitute the elements of a narrative that can patch the relationship between people and spaces.

Digital technologies plays an important role in shaping the identity of the spaces, and communication-information technology (ICT) expands the dimension of the perception of urban space. There is now more and more talk about hybrid spaces as defined by Elizabeth Sikiaridi and Frans Vogelaar in their laboratory in Berlin: «Hybrid Space stands for the combinations and fusions of media and physical space. HyBrid spaces are the products of the alliances between physical objects and digital information-communication networks, of architectural urban and media space». (Hybrid Space Lab).

Technologies such as ubiquitous computing, augmented reality, the context aware computing, wireless location and sensor networks, are increasing the way people perceive cities. There are several ways in which technologies can be used in a narrative sense to tell the many stories of cities and foster interaction with.

The mobile narrative

It's a use of storytelling using augmented reality technologies applied to the spaces of the city. «Augmented spaces is defined as a physical space overlaid with dynamically changing information, multimedia in form and localized for each user» (Manovich 2006).

They are narrative systems that use the physical space of the city as an interface to encourage people to move around the streets and squares and acquire the desired knowledge. The first mobile devices based on this technology where BotFighters (first used in Sweden in 2001). The user uses the space of the city as a game board inside which he can connect to the network through the mobile phone interacting in the physical space next to another player.

Another narrative scenario is the one developed by the Storycity app (QUT La-boratory, 2020), a project launched to help people learn about the history of the city. Storycity is an adventure game, in which everyone is the protagonist of history; tourists who undertake their own adventures at the same time interact with native residents to gain more local knowledge.

A slightly different focus is used for an experimental study that uses mobile storytelling in Kevin Grove City Village in Brisbane. The study allows users to experiment the sites of stories (for example historical novels) in the physical position of the stories, thus providing a historical narration of the location.

At the same time, the presence of spaces (mostly exhibition areas, commercial or entertainment areas) where it is possible to access in a wireless way to various information related to way-finding or to the knowledge of the spaces themselves is increasingly widespread.

The narration of food

Food is one of the few expressions of culture that has not undergone the cancellation imposed by modernity and in its relationship with places contributes to the definition of the identity

of our cities. Food and place cannot be separated from people's daily lives. The food and the spaces devoted to it in our historical cities draw a line that link the past to the future. The food that hides in the streets of our cities is a common memory, it is an important piece of diversity; it constitutes a language of communication between people and defines the cultural context.

Food can be a way of telling; people's taste and smell can make people identify a place. For a traveller, finding local foods is the first thing after arriving on site.

The popularity of food-related apps reflects people's demand for different food experiences but at the same time digital technology can integrate food into the narrative system of places and connect it to the genius loci.

Urban furnitures as narrative objects

The expression “urban furniture” usually refers to equipping urban public spaces with functional and communication components, taking into account the needs of the space environment. All the objects in a urban space can be the purpose of urban furniture design: signs, seats, bricks, plants, etc.

Even such elements can have a meaning in a narrative view.

The street sign used in Berlin, *Ampelmännchen* (Fig. 2), holds the history of the fusion between East and West Germany and the nostalgia of the people for East Germany. At present, *Ampelmännchen* is also one of the symbols of the city.

In Bristol, UK, are now creating a digital infrastructure to connect all the elements of the city in the vision of a smart city. Internet of things, 5G and other technologies are used in a project called Bristol is open to interconnect the entire city through a software. The city's council is working with Bristol University and other partners to equip the city with the latest in sensor and connectivity technology. The high-speed fibre network, which makes use of disused cable ducting owned by the city, is being combined with the university's supercomputer and a new ‘city operating system’ that will power the experimental network. This technology is used in almost all of the city's objects such as benches, pioneers, trees, etc. The experiment will also look at how cities of the future can be more fun. Playable City, a project run by the Watershed creative studio, plans to use the new network to run a number of experiments. Last year artists “hacked” lamp posts around the city with cameras and projectors to record people's shadows. These shadows were then played back onto the pavement

Another example of technologies that can be applied to the city furniture in a narrative view is Message Pilar.

Message Pillar is a device located in Tokyo City Square, Japan (Teamlab, 2016). The look is that of a normal street lamp. What you see through the mobile phone app is a completely different image. People can edit information and send it to Message Pillar. They can also see information modified by others. Finally, all the information is collected together to fit the shape of a tree.

Conclusion - A new narrative model.

This research focuses on the new spatial narrative model basing on the theories about space discipline, sociology and psychology. Looking for the solution of the social problems related to people's life, emotion and culture in cities. Cities are more and more smart, the life in cities are more and more convenient, meanwhile, people need to “Looking for Self” in another places increasingly. Travel becomes citizens' way of replenishing. In China, the urban space has lost the ability to narrate to people, citizens cannot link themselves with the space. Technology can

be used to express spiritual civilization in cities.

The diversity of space is a topic that has been continuously studied. Each space tells its own story through various elements in it. People in the space can perceive the information expressed by these elements, and thus have a connection with the space. This article regards space as a collection of various elements. Through the tools of the design discipline, create connection between space and human perception, and explore the new spatial narrative model. For example, the model that will be discussed below

The research methods used in this study mainly include Scenescapes Analysis. Use scenescape analysis to analyze local cultural styles and investigate the relationship between local cultural characteristics and the contemporary development of social life. Scenescapes Analysis is a relatively new research method, which was first proposed by Daniel Aaron Silver in the text "Scenescapes: How qualities of place shape social life". Silver demonstrates how the characteristics of the place shape social life. It is a predominantly descriptive and analytical research, focused on contextualization. Scenescapes Analysis can be used in the research process to quantify the cultural characteristics of space through analog analysis. For example, placing local scenes in other scenes to understand how key scene dimensions work, and so on.

In the new model, street furnitures are used as the "tangible objects" to connect people and space. "Life scene" are used as a narrative content. The "life scene" is the form that can allow people to develop immersive experiences in space, in the most complete form and knowledge of the spirit of the place.

This initial model is notional use of ICT to set a detection point on objects such as urban furniture. When people activate this sensitive point, the software embedded in the object begins to stylize or artistically-mind (similar to the filter function) the image of the scene.

Meanwhile, the built-in sensor records the "life scene" and thus the environment, voice, actions, events, etc.

Time will be an important clue for this model. In the morning, afternoon and evening of a place, the place in spring, summer, autumn and winter

People can record themselves and places and keep memories of this moment. People can also look for a certain day in history (a time that people think is significant, etc.), scenes and events that are crowded in this place in the default store.

This spatial narrative model uses city technologies to explore new ways of expression of city cultural heritage. The key point is to show people cultural heritage through urban space and in a narrative way. This model can be used as education purpose, or as a form of preservation of the city's cultural heritage, or as a space for people to create a relaxed mind in the city.

References

- Bonaiuto, M., Bilotta, E. and Fornara, F. (2005), *Che Cos'è La Psicologia Architettonica*, Carocci editore, Roma.
- Hybrid Space Lab (2017), "Hybrid Space" available at: <http://hybridspacelab.net/project/hybrid-space/>
- Manovich (2006), "Augmented spaces" available at: <http://manovich.net/index.php/projects/the-poetics-of-augmented-space>,
- Norberg Schulz, C. (1981), *Genius Loci: Paesaggio Ambiente Architettura*, Gruppo Editoriale Electa Milano.
- QUT La-boratory (2020), "storycity", available at: <https://research.qut.edu.au/designlab/projects/story-city-creating-the-story-of-landscape-architecture-at-qut/>.
- Pallasmaa, J. (2009), *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture*, John Wiley & Sons, Chirchester.
- Pallasmaa, J. (2012), *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*, John Wiley & Sons, Chirchester.
- Tuan, Y.F. (2005), *Space and Place: The Perspective of Experience*, University of Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- Silver, D.A. and Clark, N.T. (2016), *Scenescapes: How Qualities of Place Shape Social Life*, University of Chicago Press, Chicago, IL.

Fig. 1 - Drawing of the connection between space people and objects.

Fig. 2 - Photo of a traffic light taken in the city of Berlin.

HABITAT MUTEVOLI E SOLUZIONI INNOVATIVE PER LA SCUOLA DEL FUTURO

Paola Gallo¹

Abstract

Negli ultimi anni la relazione tra ambienti educativi e apprendimento riferita agli edifici scolastici è cambiata significativamente secondo nuovi concetti pedagogici e standard ambientali. L'importanza di valutare l'ambiente formativo in relazione allo spazio fisico, con i risultati dell'apprendimento (*Learning performance*) è la nuova frontiera per la progettazione degli edifici scolastici. Il paper attraverso un breve excursus sullo sviluppo degli ambienti di apprendimento nello scenario Europeo, prefigura strategie finalizzate a innovare la cultura del progetto degli edifici scolastici, in equilibrio ed armonia con i più recenti dettami della progettazione ambientale

Keywords: Edilizia scolastica, Environmental Conscious Design, Learning performance, Habitat adattivi

¹ DidA - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, paola.gallo@unifi.it

Introduzione

Negli ultimi decenni la relazione tra ambienti educativi e apprendimento all'interno degli edifici scolastici è cambiata significativamente in seguito all'introduzione di nuovi concetti pedagogici e di standard ambientali per la realizzazione di edifici ad alte prestazioni e a zero emissioni. I recenti studi scientifici sugli edifici scolastici hanno evidenziato la necessità di un approccio olistico e interdisciplinare per una progettazione contemporanea che risponda ai bisogni educativi e sia sufficientemente flessibile, in grado di facilitare i diversi modi e stili di apprendimento ma nel contempo esalti la componente ambientale come approccio ecologico secondo i principi dell'*Environmental Conscious Design* (ECD).

L'importanza di valutare l'ambiente formativo mettendo in evidenza il legame tra lo spazio fisico e i risultati dell'apprendimento degli studenti (*Learning performance*) risulta essere la nuova frontiera per la progettazione degli edifici scolastici (Barrett, 2017).

Viviamo, infatti, in un periodo di transizione in cui è necessario ripensare il modello didattico per una scuola funzionale ai bisogni di competenze e professionalità espressi dalla società contemporanea.

Secondo i nuovi modelli didattici-pedagogici, gli spazi per l'apprendimento centrati sulla figura dell'educatore, non sono più sufficienti a soddisfare queste esigenze (Fisher, 2016) e ciò implica la necessità di rivedere l'organizzazione scolastica, il tempo e lo spazio del fare scuola.

Il passaggio verso questo tipo di apprendimento richiede la realizzazione di ambienti dinamici e flessibili capaci di rispondere ai nuovi modelli di apprendimento, siano essi tradizionali o personalizzati (Beckers et al., 2013). Una buona progettazione per gli edifici scolastici, combina infatti risultati ambientali, sociali ed economici positivi se vengono concepiti per ridurre al minimo il consumo delle risorse ed incoraggiano a ridurre gli sprechi, così come realizzati per essere durevoli, resistenti e adattabili, consentendo la loro evoluzione nel tempo per soddisfare le esigenze future.

Evoluzione e tendenze per gli ambienti di apprendimento

Sono molti in Europa i programmi sviluppati in questi anni indirizzati allo sviluppo di ambienti di apprendimento per il

XXI secolo. In realtà, un modello di ambiente innovativo per l'apprendimento era già stato sperimentato negli anni Sessanta con il progetto *School Construction System Development* ad opera degli Educational Facilities Laboratories statunitensi con il progetto di scuole a pianta aperta (*open-plan*) con ampi spazi suddivisibili. La soluzione fu presa in considerazione solo negli anni Settanta, ma a causa sia dei rilevanti problemi tecnici, in particolare legati all'acustica, sia della pratica didattica non ancora matura per il passaggio dal modello didattico tradizionale al nuovo approccio (Kühn, 2011), non ebbe immediato seguito nella ricerca o in ulteriori sperimentazioni progettuali.

Attualmente, invece, vi sono numerosi esempi di scuole progettate sulla base del modello *open-plan* (OECD, 2011), che ben si adatta a supportare l'ampia gamma di competenze cognitive, sociali ed emotive richieste oggi agli studenti per riuscire in tutti i campi della vita (OCSE, 2015b).

Nella progettazione di ambienti di apprendimento per il XXI secolo, sempre di più attraverso nuovi approcci basati sull'*Evidence Based Design* (Lippman, 2010), è indispensabile creare una pluralità di ambienti a sostegno della partecipazione attiva sia degli alunni che degli insegnanti. Se da una parte i nuovi approcci pedagogici mostrano la loro validità rispetto al raggiungimento degli obiettivi didattici, dall'altra risulta difficile coinvolgere le autorità e perfino i docenti, sul ruolo che l'ambiente fisico ricopre nel processo di insegnamento-apprendimento.

Negli ultimi anni, a seguito della maggiore consapevolezza dell'effetto dell'ambiente fisico sulla salute e il benessere degli individui, sono state condotte varie ricerche che approfondiscono il rapporto tra ambiente fisico e apprendimento: Peter Barrett (Barrett, 2017) con la ricerca *Holistic Evidence and Design* (HEAD) ha individuato l'importanza di valutare l'ambiente in modo olistico mettendo in evidenza il legame tra lo spazio fisico e i risultati dell'apprendimento degli studenti (*learning performance*). Altri studi hanno, invece, individuato come l'ambiente fisico possa contribuire alla creatività e alla comunicazione tra studenti e insegnanti (Davies et al., 2013).

Secondo Julia Atkin, l'efficacia dell'ambiente fisico per l'apprendimento dipende dalla disponibilità e dalla possibilità di scelta che studenti e insegnanti hanno nell'utilizzo degli spazi (Atkin et al., 2015). Atkins sostiene inoltre che l'efficacia dell'ambiente dipende anche da quanto gli spazi siano accessibili e riconfigurabili, e se agli studenti viene permesso di scegliere il tipo di spazio da utilizzare e la possibilità di usarlo.

Tavola sinottica delle normative nazionali relative all'edilizia scolastica

	Italia	Inghilterra	Scozia	Danimarca	Francia	Olanda	Germania	Portogallo	North Carolina (Stati Uniti)	Victoria (Australia)	Messico
Anno di emanazione *	1975	Education Regulations 2012; Corpus Linee guida 2014	Building Act 2004; Linee guida 2007; Technical Handbook 2013	Building Regulations 2010; Linee guida 2007	Codice edilizia abitativa 2014; Linee guida 1989	Building Decree 2012	2010	2009	Selected Laws 2014; Linee guida 2013	Building Code 2010; Linee guida 2010	Educational Building Laws 2008; Linee guida 2014
Linee guida ** concepite come corpo unico	SI	NO (varie normative)	SI	SI	NO (varie normative)	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Premesse pedagogiche	SI	NO	NO (documentazione separata)	SI	SI (parziali)	SI (parziali)	NO	SI	SI	NO (documentazione separata)	NO
Elenco spazi della scuola ***	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Superfici minime	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Livelli di responsabilità ****	Comuni, Province	Autorità locali, Privati, Charity	Autorità locali	Comuni	Comuni, dipartimenti, Regioni *****	Scuole (School Boards), Comuni	Comuni (Bauträger)	Parque Escolar (ente pubblico)	Autorità locali, Contee	Federale e Stato (Victoria)	Federale (INIFED) e Stato
Livello di competenza per la normativa	Nazionale, Regionale	Nazionale	Nazionale	Nazionale	Nazionale	Nazionale	Federale, Länder	Nazionale	Nazionale	Nazionale	Federale

Tab. 1

Vi è infatti un interesse crescente sul ruolo della progettazione partecipata per la creazione di ambienti di apprendimento (Blackmore et al., 2010). Il coinvolgimento degli utenti nella progettazione di spazi per l'apprendimento stimola il senso di appartenenza negli studenti cosicché essi si identificano fortemente con il loro nuovo ambiente appena costruito (Lippman, 2012).

Le linee guida per la progettazione degli edifici scolastici: realtà a confronto

Secondo tali premesse, il panorama europeo si presenta molto eterogeneo sia per quanto riguarda il quadro normativo di riferimento sia per quanto attiene il percorso di riflessione sul concetto di spazio educativo. In alcuni paesi esistono linee guida nazionali intese come un insieme unico di norme prescrittive da seguire per la progettazione e costruzione di un nuovo edificio scolastico; in altri paesi esistono documenti guida non prescrittivi che orientano il progettista rispetto a requisiti e standard; in altri ancora esistono varie leggi e regolamenti indipendenti ed eterogenei, afferenti ad ambiti diversificati. Non è quindi possibile fare un'analisi comparata di linee guida nazionali ma piuttosto di contesti normativi diversificati che comunque, analizzati nella loro eterogeneità, fanno emergere indirizzi caratterizzanti e, soprattutto, un'idea delle caratteristiche e delle funzioni che, nel contesto nazionale, deve avere una scuola progettata per il XXI secolo.

Alcuni elementi chiave, sintetizzati nella tavola sinottica delle normative relative all'edilizia scolastica (Tab. 1), ci consentono una lettura trasversale dei diversi orientamenti nazionali analizzati in Europa. Relativamente alla tipologia di spazi da un lato si distingue un orientamento che enfatizza la funzionalità dello spazio rispetto all'attività che deve esservi svolta, con ampio margine lasciato alla multifunzionalità e a un'idea di apertura dei singoli ambienti; dall'altro si evidenzia un approccio più prescrittivo che prestazionale con liste di spazi codificati e

superfici minime indicate per ciascuna tipologia.

Alcuni di questi paesi hanno affrontato un percorso di profondo ripensamento del modello industriale di scolarizzazione di massa, promuovendo un'intensa attività di ricerca che ha portato alla ribalta una nuova visione degli spazi educativi e degli ambienti della scuola; tali indirizzi innovativi sono stati tracciati principalmente dai paesi del Nord Europa, seguiti dai paesi anglosassoni. In alcuni casi sono stati sviluppati veri e propri piani nazionali per l'edilizia scolastica, supportati spesso da ingenti investimenti, come nel caso del Portogallo (*Parque Escolar*), Inghilterra (*Building Schools for the Future*) o per lo stato di Victoria (*Building the Education Revolution*).

Non sempre la documentazione nazionale contenente le linee guida include elementi relativi alla riflessione svolta sulla funzione degli spazi rispetto alla didattica e ai processi di apprendimento (presenza di premesse pedagogiche).

A prescindere dal sistema scolastico e dal percorso attuato a livello nazionale, si evidenzia per ogni paese l'intento di definire un assetto normativo e/o culturale in grado di dar risposta all'esigenza di conciliare istanze diverse: la creatività/innovazione da riconoscere all'idea progettuale, il controllo da operare sui costi e sugli standard da garantire a livello nazionale, l'efficienza ed efficacia degli interventi; quest'ultimo aspetto garantisce che il quadro normativo permetta di progettare e creare una nuova scuola in tempi ragionevoli, con un iter monitorabile e livelli di qualità verificabili. Alcuni paesi, come l'Australia, hanno tentato configurazioni nazionali standardizzate che incorporano già indicazioni progettuali ed esiti della ricerca rispetto all'idea di spazi innovati.

La sostenibilità ambientale negli edifici scolastici: un esempio virtuoso

La progettazione contemporanea degli ambienti scolastici richiede quindi un cambiamento culturale e nuove soluzioni ar-

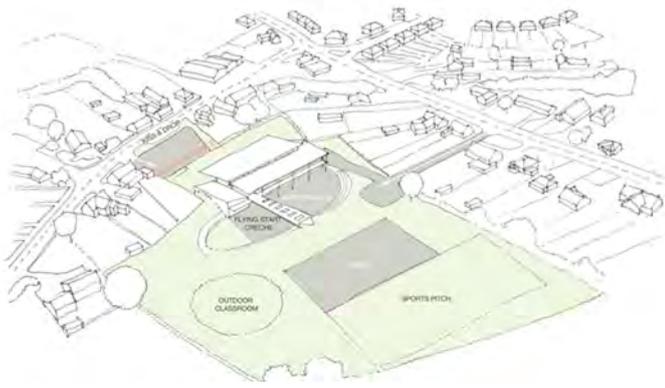


Fig. 1

chitettoniche-spaziali che tengano in considerazione le esigenze della comunità scolastica, i nuovi metodi pedagogici, l'innovazione tecnologica, i vincoli normativi, la sicurezza strutturale, l'accessibilità, l'efficienza energetica, la qualità ambientale e la sostenibilità economica.

Quindi contestualmente alle nuove teorie sulla didattica e sugli spazi di apprendimento, l'altro aspetto fondamentale che caratterizza l'innovazione nell'edilizia scolastica riguarda la sostenibilità ambientale, energetica ed economia degli edifici, che assumono essi stesso un significato educativo. Tempi di costruzione ridotti, riciclabilità dei componenti e dei materiali, alte prestazioni energetiche, utilizzo di fonti rinnovabili, facilità di manutenzione, presenza di spazi verdi che aumentino il benesse-



Fig. 2

re e le opportunità didattiche, sono alcuni dei criteri concreti per la costruzione di scuole sostenibili.

Un edificio scolastico ad alte prestazioni energetiche ha la capacità di creare per gli studenti e i docenti un ambiente confortevole e produttivo grazie ad un'efficace combinazione di soluzioni progettuali che prevedono l'utilizzo di sistemi ad alta efficienza energetica e l'integrazione di fonti rinnovabili.

E' questo il caso della scuola *Ysgol Trimsaran*, nel Carmarthenshire (UK); realizzata secondo un approccio progettuale e metodologico sviluppato da specialisti nel settore delle costruzioni in Galles, che hanno creato una procedura standardizzata con l'intento di semplificare la realizzazione di scuole di alta qualità. *Patrwm21* questo è il nome del modello di azione, che ha avuto come scopo quello di migliorare le condizioni di vita delle future generazioni, basandosi sostanzialmente su uno sviluppo sostenibile. Il modello si basa su un unico team integrato di professionisti che collaborano per sviluppare soluzioni su misura a seconda della localizzazione della scuola, delle dimen-



Fig. 3

sioni dell'edificio, con i materiali preferiti dai committenti e naturalmente dagli utenti finali. Il tutto strettamente integrato alle direttive locali, *Well-being of Future Generations Act 2015*, rispondendo ai 7 obiettivi¹ espressi in questa normativa per il

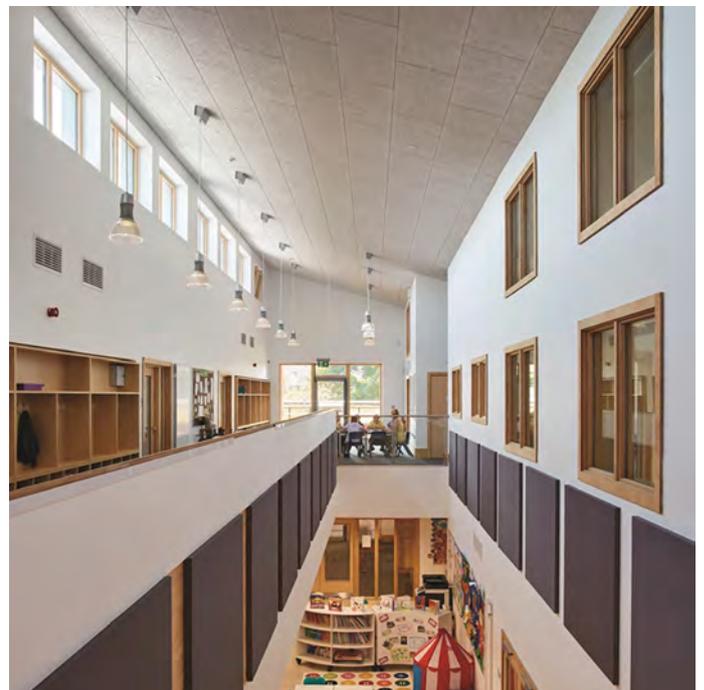


Fig. 4

benessere degli utenti.

Questa prima scuola passiva realizzata su progetto dello studio Architype, è stata completata nell'agosto 2017 e può accogliere fino a 210 alunni; è dotata di classi luminose e ariose nonché di ampi spazi multiuso localizzati sui due piani.

Prendendo ispirazione dal bel paesaggio collinare gallese circostante, lo schema multilivello è stato immerso in un sito a forte pendenza, rifinito con sensibilità grazie a una semplice ma elegante palette di materiali che riflettono l'eredità locale delle aree di produzione di ardesia del Galles e con prospetti rivestiti di legno di larice locale.

L'importante strategia paesaggistica incorpora un numero di spazi a uso della comunità, quali il giardino comune, aiuole rialzate per la coltivazione di ortaggi da parte della comunità e percorsi piantumati accessibili che attraversano il sito. Così come un'area giochi multiuso disponibile per tutti gli sport e le attività ricreative, al fine di coinvolgere la comunità in questo speciale progetto così come previsto dal modello *Patrwm21*.

¹ Di seguito i sette obiettivi della normativa *Well-being of Future Generations in Wales Act 2015*: 1) A Prosperous Wales, 2) Resilient Wales, 3) Healthier Wales, 4) A more Equal Wales, 5) A Wales of Cohesive Communities, 6) A Wales of thriving Welsh Culture, 7) A Globally Responsible Wales.



Fig. 5

Gli interventi progettuali hanno quindi combinato insieme:

- il carattere e l'atmosfera della scuola in linea con il riscontro ricevuto dalla comunità locale che ha partecipato al processo di progettazione;
- la creazione di spazi stimolanti per l'insegnamento e l'apprendimento in linea con i moderni dettami pedagogici;
- il raggiungimento di una reale sicurezza dei luoghi;
- la giusta dimensione degli spazi ausiliari di supporto e di circolazione ottimizzati per lavorare con semplicità ed efficacia;
- la creazione di un edificio piacevole, arioso e costruito con materiali naturali, sostenibili che si integri nel paesaggio collinare esistente;
- la massimizzazione dell'uso dei parametri naturali quali luce e ventilazione naturale per plasmare gli ambienti interni e renderli salubri aumentandone il comfort; il tutto coadiuvato da sistemi semplici per il controllo della radiazione solare (i balconi ombreggiano il lato sud) e la ventilazione mista (meccanica con recupero di calore e manuale con l'apertura delle finestre a discrezione degli utenti e griglie sulle finestre per la purificazione notturna).
- la progettazione di un edificio aperto alla comunità al fine di costituire un'eredità e un orgoglio locale.

Conclusioni

La panoramica ad oggi degli edifici scolastici realizzati in Europa nel rispetto di processi progettuali di qualità, che presentano ambienti educativi sviluppati secondo orientamenti pedagogici avanzati e principi dell'*environmental design*, è ampia. L'intento di tutte queste realizzazioni è quello di integrare i concetti di "*learn better*" come nuovo approccio pedagogico per fornire agli studenti competenze come creatività, comunicazione, collaborazione e pensiero critico, con quello di "*feel better*" per migliorare il comfort negli spazi di apprendimento, unitamente al "*work better*" per una riduzione dei costi di gestione degli edifici scolastici e favorire pratiche ambientalmente sostenibili.

Questo perché è in crescente apprezzamento il ruolo che una buona progettazione può giocare nell'educazione, con prove significative che dimostrano che i livelli di apprendimento degli studenti sono strettamente legati alla qualità del ambiente in cui essi imparano. Fattori come qualità dell'aria, ventilazione, illuminazione naturale, comfort termico e acustico, hanno dimostrato di incidere non solo sul benessere ma soprattutto sull'incremento del livello di attenzione degli studenti e quindi sui livelli di apprendimento complessivi che ne risultano.



Fig. 6

Ciò dimostra che strategie ed azioni finalizzate a innovare la cultura del progetto per gli ambienti scolastici, con l'obiettivo di percorrere una stretta relazione tra forma, funzione e prestazioni in equilibrio ed armonia con i più recenti dettami della progettazione ambientale, risponde alla reale esigenza di rendere gli ambienti di apprendimento dinamici e polivalenti, incoraggiando l'adozione di soluzioni tecnologiche per renderli innovativi e dotati di elevati requisiti prestazionali supportando altresì gli attori coinvolti nel processo di progettazione.

References

- Atkin, J. and Cannella, G. (2015), Development of the LEEP Framework for Effectiveness of the Physical Learning Environment. Presentation OECD.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y. and Barrett, L. (2017). "The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in Specific Subjects", *Environment and Behaviour*, vol. 49 (4), 425-451.
- Beckers, R., Van der Voordt, T. and Dewulf, G. (2015), "A Conceptual Framework to Identify Spatial Implications of New Ways of Learning" *Higher Education. Facilities*, Vol. 33, Issue: 1/2, pp. 2-19.
- Biondi, G., Borri, S. and Tosi, L. (eds) (2016), *Dall'aula all'ambiente di apprendimento*, Altralinea Edizioni, Firenze.
- Blackmore, J., O'Mara, J. and Loughlin J. (2010), *The Connections Between New Learning Spaces and Student Learning Outcomes: A Literature Review*, Melbourne Department of Education and Early Childhood Development, Melbourne. AU.
- Davies, D., Jindal-Snape, D., Collier, C., Digby, R., Hay, P. and Howe, A. (2013), "Creative Learning Environments in Education: A Systematic Literature Review", *Thinking Skills and Creativity*, vol. 8, pp. 80-91.
- Fisher, K. (2016), "Emerging Evaluation Knowledge in New Generation Learning Environments" in Wesley Imms, B.C., Cleveland, B. and Fisher, K. (eds), *Evaluating Learning Environments: Snapshots of Emerging Issues. Methods and Knowledge*, Sense Publishers, Rotterdam, pp. 165-180
- Kühn, C. (2011), "Learning environments for the 21st century", in Richardson, J.G. (ed), *Design for Education*, OECD Centre for Effective Learning Environments, Paris, pp. 19-23.
- Lippman, P.C. (2010), *Evidence-Based Design of Elementary and Secondary Schools: A Responsive Approach to Creating Learning Environments*. Wiley

& Sons, Hoboken, NJ.
OECD (2011), *Designing for Education: Compendium of Exemplary Educational Facilities 2011*, OECD publishing.

Fig. 1 - Gli spazi esterni della scuola Ysgol Trimsaran. Fonte: <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/rsaw-award-winners/2019/ysgol-trimsaran>

Fig. 2 - Gli spazi esterni della scuola Ysgol Trimsaran. Fonte: <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/rsaw-award-winners/2019/ysgol-trimsaran>

Fig. 3 - Gli spazi interni della scuola Ysgol Trimsaran. Fonte: <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/rsaw-award-winners/2019/ysgol-trimsaran>

Fig. 4 - Gli spazi interni della scuola Ysgol Trimsaran. Fonte: <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/rsaw-award-winners/2019/ysgol-trimsaran>

Fig. 5 - Gli interni della scuola Ørestad Gymnasium, Copenhagen, Danimarca, 3XN architect. Fonte: <https://oerestadgym.dk/in-english/>

Fig. 6 - Vista dell'atrio interno della Hellerup Skole, Hellerup, Danimarca, © Arkitema Architects. Fonte: <https://architizer.com/projects/hellerup-school-1/>

Tab. 1 - Tavola sinottica delle normative nazionali relative all'edilizia scolastica. Fonte: Biondi, G., Borri, S., Tosi, L., 2016

3.c

TECNOLOGIE REVERSIBILI PER SISTEMI FLESSIBILI E CIRCOLARI

Tecla Caroli¹

Abstract

I componenti edilizi progettati e programmati con tecnologie reversibili permettono, dopo la fase di smontaggio, la generazione di nuovi spazi abitativi e, applicando strategie circolari, l'attivazione di nuovi cicli di vita per la riduzione degli impatti ambientali. L'articolo intende dimostrare, attraverso l'analisi di letteratura e di esperienze progettuali, come l'uso di tecnologie reversibili nel settore edilizio permetta di rendere i luoghi dell'abitare sistemi flessibili, adattabili e sostenibili a livello sociale, ambientale ed economico.

Keywords: Tecnologie Reversibili, Design for Disassembly, Economia Circolare, Flessibilità, Adattabilità, Life Cycle Assessment

¹ D.ABC - Dipartimento Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano

Sistemi edilizi flessibili e circolari

Gli ambienti artificiali, i luoghi dell'abitare, sono strettamente correlati alle funzioni da ospitare, al tempo di utilizzo e alle esigenze dell'uomo da soddisfare. Tali ambienti sono molto spesso il risultato di processi antropici non sostenibili, generati da modelli economici lineari, basati sulla crescita e non sullo sviluppo, che non tengono conto della limitatezza delle risorse dell'ambiente naturale. Occorre pertanto riconsiderare e ripensare la tecnologia (tecniche costruttive e processi industriali), orientandola verso soluzioni che consentano di trasformare gli attuali sistemi di gestione da lineari a circolari per rendere sostenibili i luoghi dell'abitare (Rasmussen et al., 2019).

La tecnologia legata ai modi di costruire stenta ad assecondare la dinamicità degli attuali stili di vita, che necessitano di spazi adattabili e sistemi costruttivi flessibili capaci di soddisfare differenti trasformazioni in base ai tempi e ai modi d'uso (Guidarini, 2018). La considerazione del tempo è fondamentale perché determina una sequenza di azioni che possono variare in base alla funzione e al contesto, ma che non sempre sono coerenti con la vita utile del componente o dell'intero edificio. Il ciclo prestazionale (tempi d'uso) dei prodotti è molto spesso inferiore rispetto al loro potenziale ciclo di vita (durata), perché soggetto ad un modello economico lineare in cui quello che si produce e si usa, viene dismesso prima del proprio fine vita (Thomsen et al., 2011). L'obsolescenza precoce dei luoghi dell'abitare può essere risolta con l'uso di tecnologie che permettano la creazione di un sistema circolare sostenibile a livello sociale, ambientale ed economico, che consentano l'uso e il riuso dei componenti edilizi. Questo significa ripensare completamente la metodologia di approccio al progetto di architettura, in cui l'edificio è pensato per essere flessibile nel tempo e disassemblato a fine vita (Guy et al., 2007). La reversibilità risulta quindi una caratteristica necessaria per poter rendere i sistemi edilizi flessibili e circolari.

La ricerca è frutto di uno studio della letteratura relativa al *Design for Disassembly*, all'attivazione di strategie circolari nel settore edilizio e a come, attraverso la metodologia LCA, possa essere valutata la propria efficienza ambientale. L'analisi di casi studio ha inoltre permesso di ottenere un riscontro pratico sullo stato dell'arte nell'ambito della progettazione e della realizzazione di tecnologie reversibili, orientate verso l'attivazione di processi circolari nel settore delle costruzioni.

Tecnologie reversibili sostenibili

Di fronte ad un'utenza diversificata rispetto a quella tradizionale (es. nuclei familiari ridotti) e alla richiesta di realizzare spazi ad uso temporaneo ma capaci di durare nel tempo perché adattabili, l'architettura, l'edificio, deve plasmarsi e trasformarsi, purché predisposta anche a livello tecnologico. In tal senso, le tecnologie reversibili, intese come l'insieme di strumenti tecnici e gestionali che consentono ad un sistema costruttivo (componenti) di ritornare al proprio stato originario, sono il punto di partenza per poter attivare interventi di rinnovamento degli spazi e applicare strategie circolari su componenti che hanno raggiunto un certo grado di obsolescenza funzionale. Inoltre, l'uso di tecnologie reversibili permette la progettazione e la costruzione di edifici sostenibili, che hanno la capacità integrata di adattarsi a circostanze e tecnologie mutevoli, senza sprechi e conflitti eccessivi (Manewa et al., 2016).

In letteratura, un edificio è definito "sostenibile" se offre una soluzione di equilibrio tra aspetti ambientali, economici e sociali. L'impiego di soluzioni costruttive reversibili offre benefici a livello sociale agli utenti che vivono in ambienti flessibili, capaci di adattarsi a bisogni temporanei e durevoli, garantendo le prestazioni richieste. Confrontando due sistemi costruttivi differenti, BAU (*Business As Usual*) e reversibile, sulla fattibilità tecnica di attuare trasformazioni sugli ambienti interni ed esterni di un edificio, Wang et al. (2019) affermano che solo le tecnologie reversibili permettono la decostruzione selettiva per la trasformazione funzionale e strutturale e il riuso di componenti. In alcuni casi, i componenti disassemblabili e recuperabili risultano più economici rispetto a quelli di nuova produzione, soprattutto considerando la fase d'uso, che implica interventi di manutenzione e sostituzione (Rasmussen et al., 2019). In altri, l'investimento iniziale per la costruzione di edifici reversibili potrebbe essere elevato rispetto a quello degli edifici tradizionali, in quanto si tratta di sistemi costruttivi non ancora diffusi sul mercato. Per tale motivo risulta necessario tener conto non solo della durabilità e della qualità dei materiali ma anche della riduzione di impatti prodotti durante l'intero ciclo di vita e quindi della possibilità di recuperare componenti reversibili permettendo la reimmissione degli stessi in nuovi processi edilizi.

Se i componenti sono stati progettati e costruiti per essere disassemblati è possibile attivare strategie circolari alla fine della loro vita utile. Nel settore edilizio, il riciclo (*recycle*) risulta es-

sere la strategia di recupero più diffusa, in quanto non necessita di operazioni troppo selettive in fase di demolizione, per la lavorazione dei componenti e la produzione di un secondo prodotto che possa assumere lo stesso o uno scopo differente rispetto a quello iniziale (ISO 8887-2: 2009). Altre pratiche circolari invece, come il riuso (*reuse*) e la rigenerazione (*remanufacture*) richiedono l'utilizzo di tecnologie reversibili per la decostruzione selettiva e il reimpiego dei componenti disassemblati per lo stesso o per scopi differenti e senza (riuso) o con interventi (es. pulitura, riparazione) di miglioramento prestazionale (rigenerazione).

La possibilità di applicare strategie circolari su di un componente edilizio a fine vita utile, dipende dalla modalità con cui tale prodotto viene ideato, costruito, assemblato e disassemblato, perché se progettato per essere disassemblato (*Design for Disassembly – DfD*) ha buone probabilità che possa essere reimpiegato in nuovi cicli di vita. Le soluzioni progettuali e costruttive (modularità, assemblaggio a secco, durabilità, standardizzazione, flessibilità), definite in letteratura (Guy et al., 2007), permettono di recuperare i componenti, promuovendo l'attivazione di nuovi cicli di vita per una riduzione degli impatti ambientali, ma che devono essere verificati attraverso specifici strumenti di valutazione (LCA).

Il *Life Cycle Assessment* permette di valutare i potenziali impatti ambientali di un prodotto durante il proprio ciclo di vita. Tale metodologia offre uno strumento capace di confrontare scelte progettuali e costruttive, valutando anche l'applicazione di diverse strategie circolari che non sempre risultano sostenibili.

In letteratura inoltre, sono presenti studi LCA, su progetti DfD, che dimostrano come l'utilizzo di componenti riutilizzati, invece che di nuova produzione, assumano una riduzione totale degli impatti ambientali del 21% (Eberhardt et al., 2019). Inoltre confrontando l'applicazione di diverse strategie di recupero (riuso, riciclo e rigenerazione) per il reimpiego di componenti edilizi a fine vita (involucri, arredi, partizioni interne), il riciclo risulta essere sempre quello ambientalmente sfavorevole, sia rispetto al riuso (es. GWP: +53%, Rasmussen et al. 2019) che rispetto alla rigenerazione (es. EE: +18%, Eberhardt et al., 2019).

Questi dati dimostrano quanto sia ambientalmente più virtuoso attivare processi circolari che permettano il riuso e la rigenerazione e, allo stesso tempo è necessario capire il perché nell'ambito pratico il riciclo risulta, ancora, la strategia di recupero più utilizzata. L'impiego di tecnologie reversibili è fondamentale per il disassemblaggio, il riuso e la rigenerazione dei componenti, ma tali tecnologie non sono così diffuse.

Pratiche reversibili

La reversibilità parte dalla progettazione, si realizza nella costruzione e si verifica nella decostruzione dell'edificio. Tuttavia, anche se i sistemi costruttivi vengono progettati per essere reversibili, non sempre vengono sfruttate le proprie potenzialità e, in molti casi, le ragioni riguardano i tempi e i costi (Gorgolewski M. 2018). La raccolta e l'analisi di casi studio ha permesso di individuare alcune criticità e dimostrare i vantaggi di utilizzare tecnologie reversibili per ottenere sistemi edilizi flessibili e circolari. Si tratta di edifici temporanei progettati e costruiti con tecnologie reversibili, che si prestano a cicli d'uso di breve durata o a conversione funzionale. La selezione dei progetti qui riportati ha lo scopo di restituire le tendenze (approccio e criticità) maggiormente diffuse nello scenario di edifici reversibili.

La *Tiller School*, di Eduard Balcells, Tigges Architekt e Ignasi Rius Architecture, è una scuola costruita nel 2019, a Bellaterra

in Spagna, con una struttura in acciaio e tamponamenti in legno, assemblata completamente a secco e reversibile. Si sviluppa in sei padiglioni modulari che possono essere assemblati tra di loro o divisi in ulteriori strutture per ospitare non solo aule didattiche ma anche aree gioco per bambini e sale relax per gli educatori. Tutti i materiali sono stati recuperati da edifici esistenti limitrofi ormai in disuso e adattati per una nuova funzione. L'edificio si comporta da *material bank* (Wang et al., 2019), una "banca" di materiali che grazie alla sua reversibilità offre la possibilità di reimpiegare i propri componenti in altri edifici. Il riuso di componenti però non è sempre possibile per la mancanza di informazioni riguardo gli aspetti tecnici (es. composizione materica, resistenza meccanica, metodo di assemblaggio), non permettendo l'attivazione di strategie circolari a fine vita utile. Per tale motivo l'organizzazione BAMB ha promosso il *material passport*, uno strumento che permette la raccolta di dati dei componenti di un edificio. Il metodo di mappatura e tracciabilità dei prodotti edilizi è stata seguita dallo studio RAU Architects per la realizzazione nel 2019 degli uffici *Triodos Bank*, in Olanda. Si tratta di un edificio circolare, assemblato a secco, i cui componenti sono stati scelti tenendo conto del ciclo di vita dell'intero edificio. Lo studio di progettazione sin dalla fase di pianificazione ha raccolto e catalogato tutti i componenti che compongono l'edificio, firmando accordi di monitoraggio e manutenzione con le aziende di produzione e costruzione, scelte per la sua realizzazione.

I primi due edifici descritti non hanno ancora raggiunto la fase di smontaggio, in quanto è stata assunta una durata di vita utile di almeno 5 anni. Per analizzare alcune delle dinamiche che si sviluppano durante la fase di smontaggio, è stato analizzato il fine vita dei Padiglioni di Expo Milano 2015.

Uno dei requisiti richiesti dal Bando di Expo è che tutti i Padiglioni fossero progettati per essere disassemblabili e ricostruiti nelle Nazioni d'origine o in altre località. Purtroppo non sono stati definiti obblighi riguardanti l'effettivo reimpiego delle strutture. Infatti, dopo l'evento, i 56 padiglioni non sono stati tutti disassemblati e riutilizzati.

Ad oggi sono solo 14 le strutture ricostruite e adattate a nuovi usi, di cui 4 sono state reimpiegate solo alcune parti (interni, involucro, alberi), 6 sono state lasciate a Rho Fiera per ospitare funzioni pubbliche (Università, attività ricettive), di tutte le altre non si ha nessuna notizia.

Alcuni dei problemi sorti durante la chiusura di Expo, riguardano i contratti di proprietà o, in altri casi, la mancata pianificazione del fine vita (recupero e reimpiego) delle diverse strutture. Un esempio di tali dinamiche è il Padiglione degli Stati Uniti di proprietà di privati Americani, che pur rispettando i criteri di reversibilità richiesti da Expo, non è stato programmato il suo possibile reimpiego a fine evento. Questo ha comportato che i componenti disassemblati siano stati lasciati per tre anni in un deposito in Italia (nei pressi di Milano), in quanto i costi di trasporto per il reimpiego della struttura in America risultavano poco sostenibili. Solo nel 2018, il Padiglione è stato ricostruito ad Amburgo come centro polifunzionale, perché venduto ad una società immobiliare.

A differenza di quanto descritto prima, il *Padiglione CIBUS*, sede dei ristoranti delle diverse regioni d'Italia durante Expo, di proprietà di Federalimentare e progettato dallo studio Di Gregorio Associati, è stato, subito dopo l'evento, smontato, rimontato e rifunzionalizzato per le Fiere di Parma fino al 2019, sfruttandone la reversibilità e la facilità di trasporto di componenti modulari leggeri. La flessibilità della struttura ha permesso di essere ulteriormente ampliata e attrezzabile per ospitare la nuova sede della Banca di Parma (2020).

I progetti analizzati descrivono tendenze ancora poco ado-

perate nell'ambito della progettazione e costruzione edilizia, in quanto non sono presenti in maniera diffusa tecnologie reversibili capaci di rispondere le nuove richieste di mercato.

Conclusioni

I tempi d'uso dei sistemi edilizi sono sempre più frequentemente inferiori al loro potenziale ciclo di vita. Il modello economico lineare deve essere quindi trasformato a favore di quello che è invece definito circolare, dove dalla materia si passa al prodotto, al suo uso e al suo riuso, generando nel corso del processo una quantità di rifiuto irrisoria. Per essere efficiente ed efficace, la reversibilità non deve essere solo progettata ma deve essere anche verificata nelle altre fasi del ciclo di vita dell'edificio: costruzione, disassemblaggio e recupero. In tal senso, risulta essenziale assumere una visione differente nei confronti dei prodotti recuperati, per poter sfruttare le potenzialità (es. riduzione del consumo di risorse) nella loro totalità; ripensare completamente l'approccio al progetto di architettura in funzione del suo disassemblaggio futuro, di una flessibilità nel tempo in previsione della sua adattabilità; e quindi utilizzare tecnologie che assecondino le continue necessità di rinnovamento, garantendo la decostruzione di edifici obsoleti per recuperare i loro componenti.

Al fine di ottenere sistemi costruttivi realmente reversibili ed economicamente competitivi e vantaggiosi è importante che tali tecnologie siano maggiormente diffuse sul mercato. Questo comporterebbe una riduzione significativa delle risorse (tempi, costi, energia e materiali) lungo tutto il processo edilizio. Inoltre, è opportuno che le scelte progettuali e costruttive siano supportate da strumenti di valutazione e controllo che permettano di elaborare un modello gestionale che tenga conto dell'intero ciclo di vita dell'edificio affinché la scelta dei materiali, dei componenti e il loro impiego risulti realmente sostenibile. Tenendo conto che è possibile eseguire la verifica e la quantificazione della sostenibilità ambientale delle scelte progettuali e costruttive attraverso la metodologia LCA, quest'ultima dovrebbe essere integrata al metodo BIM per la raccolta e la sistematizzazione di tutti i dati relativi all'edificio (*building passport*) e l'ottimizzazione e il monitoraggio dell'intero processo edilizio.

References

- British Standards Institutions (2019), *Design for manufacture, assembly, disassembly and end-of-life processing (MADE)*, BSI, London.
- Eberhardt, L.C.M., Birgisdóttir, H. and Birkved, M. (2019), "Potential of Circular Economy in Sustainable Buildings", *WMCAUS 2018*, proceedings of the 4th World Multidisciplinary Civil Engineering Architecture Urban Planning Symposium, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Prague, June 18-22, vol. 471(9), Institute of Physics Publishing, Bristol.
- Gorgolewski, M., (2018), *Resource Salvation, The architecture of Reuse*, Wiley-Blackwell, Chichester
- Guidarini, S. (2018), *New Urban Housing. L'abitare condiviso in Europa*, Biblioteca Universitaria Skira, Milano.
- Guy, B. and Ciarimboli, N. (2007), "Design for Disassembly in the Built Environment: a guide to closed-loop design and building", Hamer Center for Community Design, Seattle, WA
- Manewa, A., Siriwardena, M., Ross, A. and Madanayake, U. (2016), "Adaptable buildings for sustainable built environment", *Sustainable Built Environment*, vol. 6, pp. 139-158.
- Nardi, G. (2008), *Tecnologie dell'architettura*, Maggioli Editore, Milano.
- Rasmussen, F.N., Birkved, M., Birgisdóttir, H. (2019), "Upcycling and Design for Disassembly-LCA of building employing circular design strategies", *Buildings as Material Banks-A Pathway For A Circular Future*, proceedings of SBE19, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Brussels, February 5-7, 2019, vol. 225(1), Institute of Physics Publishing, Bristol.
- Thomsen, A. and Van der Flier, K. (2011), "Understanding obsolescence: a

- conceptual model for buildings", *Building Research & Information*, vol. 39(4), pp. 352-362.
- Wang, K., De Regel, S., Debacker, W., Michels, J. and Vanderheyden J. (2019), "Why invest in a reversible building design?", *Buildings as Material Banks-A Pathway For A Circular Future*, proceedings of SBE19, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Brussels, February 5-7, 2019, vol. 225(1), Institute of Physics Publishing, Bristol.

TECNOLOGIE DIGITALI E PROGETTO DI HABITAT INNOVATIVI PER ANZIANI

Eugenio Arbizzani¹, Anna Mangiatordi²

Abstract

La ricerca indaga il tema del rapporto tra tecnologie smart e progetto nelle residenze per anziani, a fronte di un quadro culturale e scientifico – nazionale e internazionale – innovato nei contenuti e nelle richieste prestazionali, a seguito delle recenti evoluzioni digitali e della crescente e diversificata domanda insediativa per la terza età. Lo studio conduce alla definizione di un modello abitativo innovativo, basato sul concetto di sistema edilizio aperto, in grado di soddisfare, con prestazioni e servizi, le esigenze di utenti anziani, secondo processi parametrici e interoperabili.

Keywords: Habitat per anziani, Automazione domestica, Tecnologie smart, Modelli abitativi, Design parametrico, Sistema edilizio aperto

¹ DiAP – Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, eugenio.arbizzani@uniroma1.it

² PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, anna.mangiatordi@uniroma1.it

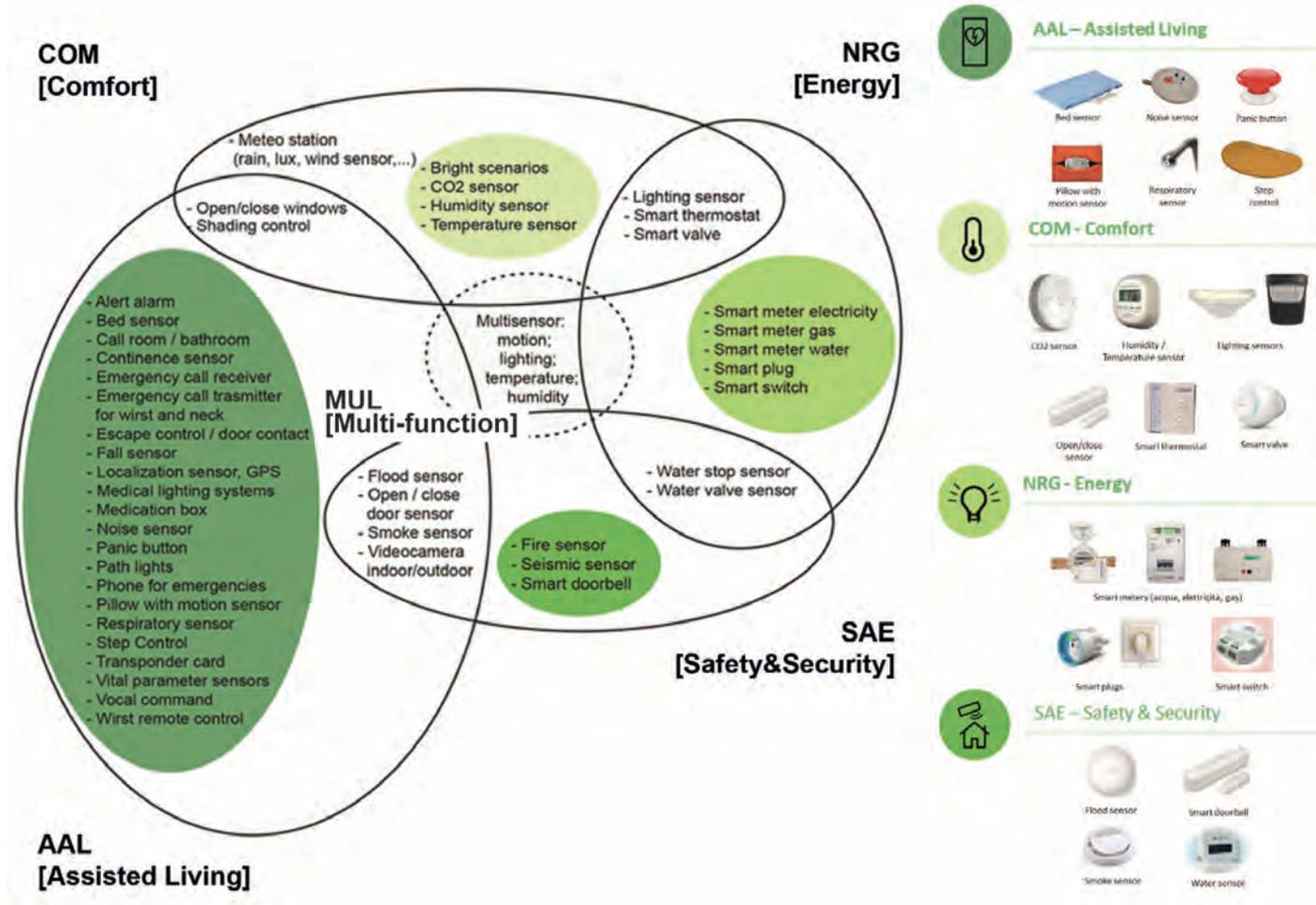


Fig. 1

Introduzione

La questione abitativa attuale riferita alle fasce più deboli della popolazione si confronta con due tematiche emergenti: da un lato, l'uso intelligente dell'energia per soddisfare il fabbisogno complessivo degli utilizzi a scala urbana e ridurre le emissioni inquinanti (IEA, 2017); dall'altro, la crescente e diversificata domanda insediativa per gli anziani, volta a favorire una maggiore produttività, autonomia e indipendenza nel vivere la terza età (WHO, 2017).

L'adozione di soluzioni e misure utili per affrontare queste due sfide è oggetto di approfondimento da parte della ricerca in Europa¹, su entrambi i fronti è protagonista l'ambiente costruito e in molti casi è possibile adottare le medesime tecnologie digitali. Le opportunità offerte variano dal soddisfacimento del fabbisogno energetico-ambientale ai bisogni sociali della popolazione anziana, allo sviluppo di spazi, tecnologie IT e servizi mirati alle singole necessità.

Il presente contributo sintetizza i primi risultati di alcune ricerche in corso presso La Sapienza di Roma² che mirano a definire pratiche insediative innovative in contesti interattivi rivolti ad utenze deboli, in particolare anziani. Gli obiettivi perseguiti riguardano l'individuazione di soluzioni progettuali ottimizzate – replicabili, adattabili e scalabili – al fine di promuovere una migliore vivibilità, socialità ed un generale innalzamento della qualità abitativa, con riferimento a specifici target d'utente anziano.

Habitat innovativi per gli anziani

Il concetto ormai consolidato di “casa intelligente” si basa sull'integrazione di sistemi *smart* e dispositivi di automazione nell'ambiente domestico, finalizzati al miglioramento della qualità abitativa delle principali utenze fragili coinvolte (Balta-Ozkan et al., 2013).

Nonostante il mercato delle *smart homes* sembri incoraggiare l'adozione di soluzioni rivolte prevalentemente all'efficienza energetica, la disponibilità di sistemi di automazione domestica e dispositivi intelligenti provenienti da altri campi (es. settore sanitario e assistenziale, illuminazione, trasporti, mobilità, etc.) rivela la possibilità di abilitare servizi digitali appartenenti ad aree più ampie della sicurezza, del benessere e dell'inclusione sociale, prefigurando la possibilità di definire modelli evoluti di residenzialità per utenze deboli, secondo nuovi paradigmi.

Nel caso dell'anziano, le ricerche in corso prevedono la sperimentazione di un approccio evoluto, tanto progettuale quanto gestionale, che segue due linee d'indirizzo portanti:

1. la “caratterizzazione tipologica” dell'alloggio come risposta alle mutate e diversificate esigenze dell'anziano nel tempo;
2. l'“innovazione tecnologica”, dettata dall'integrazione di componenti intelligenti (*smart*), tali da abilitare un'ampia gamma di servizi digitali.

La progettazione dedicata agli ambienti domestici assistiti per anziani dev'essere caratterizzata da spazi liberi da barriere e

accoglienti, secondo tre direzioni correlate e in sinergia:

- design a favore dell'“inclusione sociale”;
- integrazione tecnologica di soluzioni ICT e IOT “interoperabili”;
- efficienza integrata del sistema (Arbizzani et al., 2018).

Tra gli elementi che conferiscono qualità agli ambienti domestici rivolti a questa categoria d'utenza assume particolare importanza la dimensione spaziale del progetto, dove a criteri propri del “design inclusivo” si affiancano i principi della “progettazione universale” volti alla definizione di soluzioni in grado di soddisfare le necessità di tutti e al contempo le abilità specifiche di soggetti particolarmente vulnerabili (Cellucci, 2016) come gli anziani. Un approccio centrato sull'utente – *user-centred-design* – incentiva l'adozione di soluzioni abitative funzionali e antropometriche.

Evoluzione dell'approccio esigenziale-prestazionale

In questo contesto, l'“approccio esigenziale-prestazionale” sembra rappresentare, ancora una volta, la metodologia più adatta ad indirizzare il processo di progettazione: a partire dall'analisi delle esigenze dell'utenza e dallo studio tipologico-spaziale è possibile definire le componenti ambientali del sistema, in considerazione delle attività svolte dall'utente alle diverse scale dell'ambiente costruito.

La caratterizzazione tipologica degli spazi abitativi prevede nuove configurazioni spaziali, e specifiche di progetto appositamente definite (es. accessibilità, flessibilità, adattabilità nel ciclo giornaliero, reversibilità, regolabilità degli arredi, uso e integrazione di spazi condivisi, comunicazione con lo spazio esterno, ecc.). Al contempo l'innovazione tecnologica (Fig. 1) considera un nuovo ordine di “requisiti” che includono ora le funzionalità di dispositivi evoluti (Fig. 2) utili a soddisfare ulteriori bisogni dell'utente finale e degli stakeholders coinvolti nel progetto, tali da ottimizzare i livelli di prestazione e da ridurre i costi operativi, di gestione e d'uso, ampliando la gamma dei potenziali benefici ottenibili (Arbizzani and Mangiadori, 2018).

Estendendo il campo di innovazione dalla dimensione propria dell'alloggio allo spazio urbano, deve essere inclusa la disponibilità di ulteriori servizi erogabili all'esterno, che interagiscono con l'ambiente di progetto e con lo spazio domestico propriamente definito.

L'interconnessione a scala urbana, a livello di singolo edificio e di ambiente domestico, favorita dall'inserimento di dispositivi e sistemi di automazione consente il raggiungimento di un più alto livello prestazionale per un “abitare intelligente”, favorendo il miglioramento della qualità della vita dei suoi abitanti, una maggiore accessibilità ai servizi e un utilizzo più razionale dell'energia e delle risorse – naturali e artificiali – a disposizione.

Lo studio condotto si basa su un “approccio sistemico” che, a partire dal rilevamento delle esigenze degli utenti anziani e dei caregivers, giunge alla definizione di soluzioni spaziali e tecnologiche “interoperabili”. In alcuni casi è possibile privilegiare maggiormente l'aspetto psicologico e relazionale, in altri le condizioni di salute o disabilità, o ancora le limitazioni funzionali

1 Si vedano, a questo proposito: a) l'iniziativa EIP-SCC volta ad abilitare, mediante l'integrazione tra tecnologie ICT di natura differente (es. energia, mobilità, trasporti, rifiuti, etc.), la combinazione di una nuova generazione di servizi digitali per l'innalzamento della qualità della vita e l'ottimizzazione delle prestazioni dei sistemi edilizi e urbani volti a favorire la riduzione delle emissioni inquinanti ed una maggiore efficienza energetica, secondo il paradigma delle *smart cities and communities*; b) i programmi EIPonAHA e JPI – *More years, better lives*, volti a promuovere l'innovazione e la trasformazione digitale nel campo dell'invecchiamento attivo e in buona salute, garantendo la sostenibilità a lungo termine e l'efficienza dei sistemi sanitari e assistenziali; c) i progetti europei AAL JP e ECTP-AABE, finalizzati a migliorare le condizioni di vita dell'anziano verso il raggiungimento di una vita attiva, indipendente e produttiva, attraverso il rafforzamento delle opportunità industriali nel settore ICT e la realizzazione di ambienti di vita connessi e interoperabili.

2 Il contributo segue il filone di studi condotti mediante tesi di dottorato (Mangiadori, 2020) e nell'ambito di due ricerche d'ateneo nei dipartimenti PDTA e DIAP della Sapienza di Roma: *Smart Technologies and Design in Ambient Assisted Living (AAL) for the Ageing Society* (2016-2017), responsabile scientifico: prof. Eugenio Arbizzani; “Smart housing design per l'utenza fragile. Nuove forme abitative e tecnologie a supporto della qualità della vita attiva degli anziani” (2019 - in corso), responsabile scientifico: prof. Luca Reale.

Requisiti ambientali e tecnologici		Sistema Ambientale	Sistema tecnologico					
Requisiti norma UNI8290	Requisiti di progetto		Aree di progetto AAL COM NRG SAE MUL					
Benessere								
Termo-igrometrico	affidabilità		X	●	●	●	●	●
	controllo del fattore solare			●	●	●	●	●
	controllo della portata			●	●	●	●	●
	controllo della temperatura			●	●	●	●	●
	controllo della temperatura dei fluidi			●	●	●	●	●
	impermeabilità ai liquidi			●	●	●	●	●
	isolamento termico		X					
	controllo dell'inerzia termica		X					
	tenuta all'acqua		X					
	tenuta all'aria		X					
ventilazione		X						
	controllabilità dei parametri ambientali		●	●	●	●	●	
	controllabilità umidità esterna / precipitazioni		●	●	●	●	●	
	controllo adattivo comfort rispetto alle forzanti interne/esterne		●	●	●	●	●	
Acustico	assorbimento		●	●	●	●	●	
	controllo del rumore prodotto		●	●	●	●	●	
	isolamento acustico		●	●	●	●	●	
	rilevabilità suoni, rumori, voce dell'utente		●	●	●	●	●	
Visivo	assorbimento luminoso		●	●	●	●	●	
	controllo del flusso luminoso		●	●	●	●	●	
		controllabilità illuminazione artificiale	X	●	●	●	●	
		controllabilità illuminazione naturale	X	●	●	●	●	
	controllo adattivo rispetto al fattore solare esterno		●	●	●	●		
	regolabilità del livello di illuminazione artificiale		●	●	●	●		
	regolabilità del livello di illuminazione naturale		●	●	●	●		
Olfattivo	assenza emissioni di odori sgradevoli		●	●	●	●	●	
	impermeabilità ai fluidi aeriformi	X						
	tenuta alle polveri	X						
	controllabilità della purezza dell'aria		●	●	●	●		
	controllabilità emissioni odori sgradevoli		●	●	●	●		
Tattile	controllo della scabrosità	X						
		gradevolezza al tatto	X	●	●	●	●	
Fisico (*)		controllabilità / monitoraggio comportamento utente		●	●	●	●	
		controllabilità / monitoraggio dei parametri vitali		●	●	●	●	
Fruibilità								
Adattabilità degli spazi	attrezzabilità degli spazi		X	●	●	●	●	
		adattabilità degli arredi e degli elementi tecnici	X	●	●	●	●	
		adattabilità degli spazi durante il ciclo giornaliero	X	●	●	●	●	
		adattabilità degli spazi alle preferenze dell'utenza	X	●	●	●	●	
		attrezzabilità degli arredi	X	●	●	●	●	
		controllabilità dell'uso degli spazi		●	●	●	●	
		facilità d'utilizzo	X	●	●	●	●	
		flessibilità	X	●	●	●	●	
		personalizzazione degli arredi e degli spazi	X	●	●	●	●	
		reversibilità	X	●	●	●	●	
	uso e integrazione tra spazi condivisi	X	●	●	●	●		
Adattabilità organomeccanica e dei sistemi smart (*)	affidabilità		X					
	comodità d'uso e manovra		X					
	comprensibilità delle manovre		X					
	controllo della portata		X					
	controllo delle pressioni di erogazione		X					
	controllo della temperatura dei fluidi		X					
	impermeabilità ai fluidi		X					
	impermeabilità ai fluidi aeriformi		X					
	regolabilità		X					
	resistenza meccanica alle azioni dinamiche		X					
	resistenza meccanica alle pressioni statiche		X					
	resistenza meccanica all'impatto		X					
	resistenza meccanica ai colpi		X					
	stabilità morfologica		X					
	tenuta all'aria: controllo della portata		X					
tenuta all'aria: controllo della velocità		X						
ventilazione		X						
	adattabilità a cambiamenti d'uso	X	●	●	●	●		
	customizzazione dei dispositivi		●	●	●	●		
	facilità d'uso		●	●	●	●		
	personalizzazione delle finiture	X	●	●	●	●		
	regolabilità degli arredi	X	●	●	●	●		
	riconoscibilità degli spazi e dei percorsi	X	●	●	●	●		
	usabilità da remoto		●	●	●	●		
Aspetto								
Aspetto degli spazi	integrazione con l'ambiente naturale		X					
	integrazione con l'ambiente costruito		X					
	controllo della condensa interstiziale e superficiale		X					
	anigrosopicità		X					
	pulibilità		X					
	adattabilità cromatica delle finiture		X					
	controllo della regolarità geometrica		X					
	personalizzazione degli spazi interni e degli arredi		X					
Aspetto degli elementi tecnici	affidabilità		X					
	attitudine all'integrazione impiantistica		X					
	resistenza alle azioni statiche e dinamiche		X					
	sostituibilità		X					
		accessibilità ai sistemi smart		●	●	●	●	
	adattabilità all'uso di sistemi e dispositivi smart		●	●	●	●		
	aspetto user-friendly		●	●	●	●		
Salvaguardia ambientale								
Salvaguardia dell'ambiente	controllo della temperatura di uscita dei fumi		●	●	●	●	●	
	degradazione biologica dei liquami		●	●	●	●	●	
		attitudine al demand-response		●	●	●	●	
		attitudine produz. energetica: controllo e monitoraggio		●	●	●	●	
		contenimento dispersioni energetiche		●	●	●	●	
		controllabilità richieste / risorse energetiche		●	●	●	●	
		controllabilità dei costi di produzione energetica		●	●	●	●	
		gestione e uso delle risorse naturali		●	●	●	●	
		gestione integrata dell'uso di risorse		●	●	●	●	
		gestione integrata dei flussi energetici		●	●	●	●	
	integrazione risorse energia rinnovabile		●	●	●	●		
	riuso risorse energetiche		●	●	●	●		

Fig. 2a

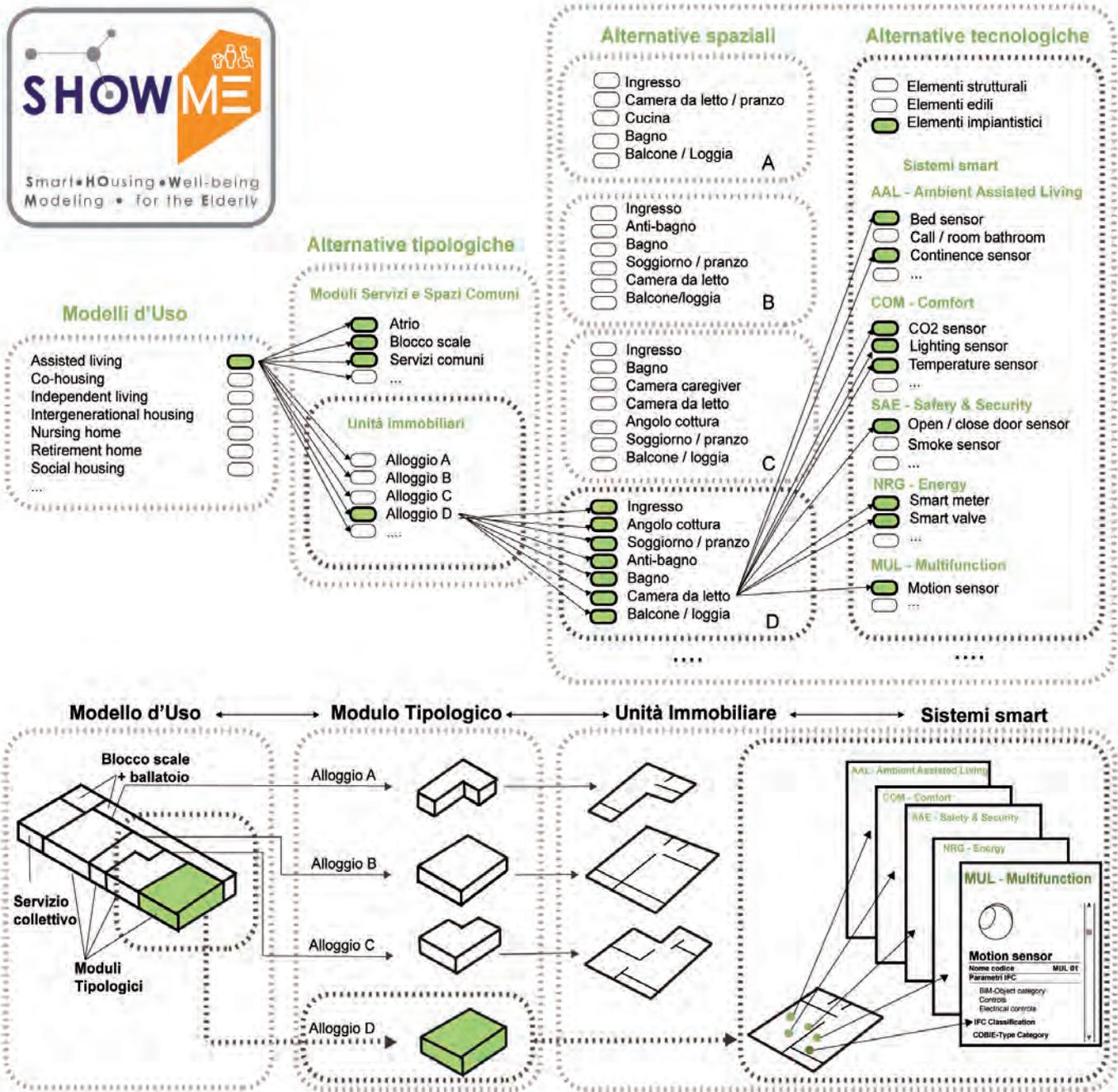


Fig. 3

e cognitive che caratterizzano il soggetto interessato. Il risultato del progetto non coincide mai con un singolo prodotto o una soluzione univoca, ma è definito da un ambiente variamente popolato nello spazio e nel tempo da tante alternative possibili, in riferimento a specifici contesti d'uso e ad una molteplicità di bisogni espressi dai target d'utenza.

Dal “sistema edilizio aperto” al modello abitativo *smart* per anziani

Il modello abitativo *smart* per anziani sviluppato si basa sul concetto di “sistema edilizio aperto” (Fig. 3) fondato su uno spazio progettuale caratterizzato da una serie di regole e norme condivise che consentono la combinazione di unità spaziali e componenti tecnologiche secondo cataloghi di soluzioni e prodotti differenziati (Arbizzani and Civiero, 2017). L'estensione e la diversificazione del catalogo dipendono dalla varietà delle

configurazioni tipologico-spaziali e dalla disponibilità delle tecnologie *smart* presenti sul mercato. Il “sistema edilizio aperto” non determina una singola scelta progettuale ma comprende un ventaglio di soluzioni possibili in cui sia consentita l'integrazione e la selezione tra differenti tipologie edilizie e produttori (Zambelli, 1982), che aderiscono al sistema di regole definito.

Il modello abitativo *smart* per anziani sviluppato si basa su una piattaforma BIM aperta e interoperabile³, all'interno della quale sono contenute tutte le informazioni – tipologiche e tecnologiche – necessarie per lo sviluppo del progetto (Fig. 4). Tale catalogo è caratterizzato dalla definizione di diverse configurazioni spaziali, per le quali sono determinati i requisiti ambientali specificati entro range tipologici suddivisi per categorie d'utente anziano differenti, e di nuove famiglie di componenti tecnologiche *smart* organizzate come categorie di dispositivi, sistematizzate per accogliere le librerie dei singoli produttori che aderiscono al sistema, in grado di rispondere, con prestazioni e

3 Il modello informativo è strutturato secondo le indicazioni della norma UNI 11337-1:2017 e si basa su un formato *aperto* e *interoperabile*, che segue le norme internazionali ISO/TS 12911 e ISO 16739.

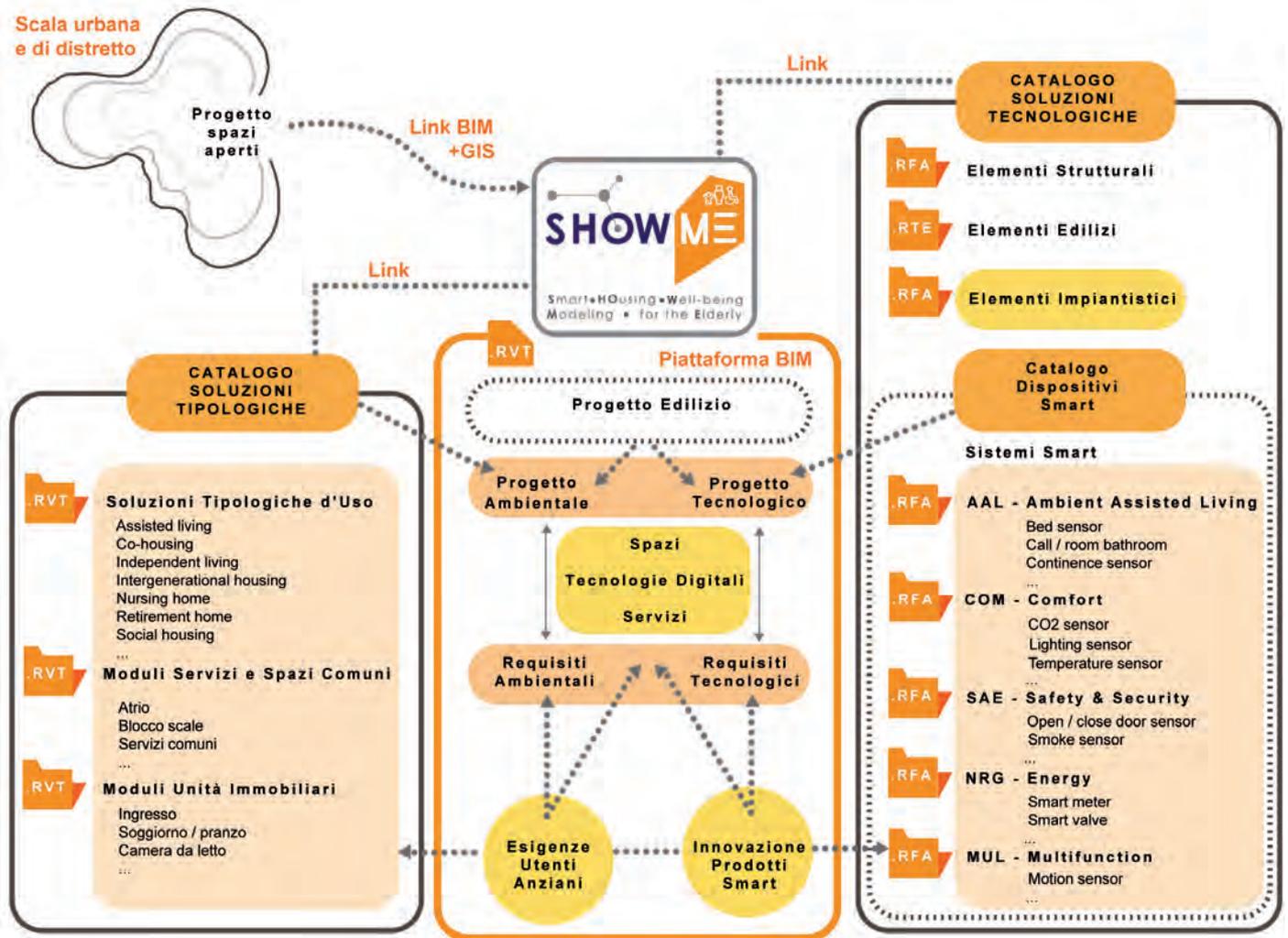


Fig. 4

servizi, ai diversi bisogni dell'utente anziano. All'interno della famiglia di dispositivi è possibile selezionare i singoli prodotti, organizzati per aree differenti (es. AAL – assistenza alla persona, COM – comfort, NRG – efficienza energetica, SAE – sicurezza, MUL – multifunzione), ai quali sono associabili nuovi gruppi di parametri e attributi, tradizionalmente non previsti dal modello di default⁴.

Il sistema è aperto al recepimento delle informazioni spaziali e alla integrazione di nuovi prodotti che vengono analizzati nelle caratteristiche prestazionali e di integrabilità con i diversi elementi del progetto. Una volta definita la gamma di soluzioni spaziali e tecnologiche ICT/IOT, entro una matrice di compatibilità, è possibile determinare la scelta maggiormente adatta alle esigenze della persona anziana, secondo diversi gradi di fragilità e vulnerabilità, e individuare quella più efficace rispetto al sistema ambientale e tecnologico che andranno a configurare.

La ricerca finora condotta restituisce una sintesi metodologica e operativa del procedimento che ha portato alla costruzione del modello abitativo *smart* per anziani e all'applicazione simulata ad un primo caso studio oggetto di analisi, prevedendo la verifica, mediante studio di fattibilità, delle possibili configurazioni spaziali e tecnologiche interoperabili da implementare, rispetto a quattro diversificate unità abitative. La configurazione architettonica e funzionale degli alloggi asseconda i bisogni delle singole utenze a cui è rivolto il progetto, atta a favorire, attraverso la combinazione delle diverse soluzioni, il raggiungimento di un più alto livello di qualità abitativa. L'insieme dei

dispositivi ICT/IOT inseriti è rivolto ad ottimizzare le prestazioni offerte e si configura come un sistema aperto di soluzioni possibili, comunque modificabile e implementabile. L'efficacia del modello proposto si evidenzia nelle caratteristiche di "adattabilità" ed "estendibilità", rese possibili dalla struttura aperta della piattaforma, basata su un'architettura BIM parametrica e interoperabile, quale espediente informativo per il tracciamento e la combinazione di molteplici categorie di dati in grado di rispondere, con spazi e dispositivi *smart*, alle diversificate esigenze degli utenti. Il database informativo può essere reso accessibile sia agli utenti, sia agli stakeholders coinvolti nel progetto, consentendo la selezione preventiva e la verifica in itinere della correttezza delle soluzioni progettuali, mentre i produttori possono gradualmente aggiornare la piattaforma con i cataloghi di prodotti *smart* via via immessi sul mercato.

La digitalizzazione del modello abitativo *smart* per anziani "SHOW-ME" (Smart HOusing Well-being Modeling for the Elderly) – attraverso l'utilizzo della metodologia BIM ha consentito di ottimizzare le fasi di progettazione, finalizzate alla costruzione del "sistema edilizio aperto", atto ad integrare le diverse unità tipologico-spaziali con nuove *facilities* digitali, volto ad assecondare le accelerate innovazioni di prodotti *smart* presenti nel mondo della ricerca e produzione industriale. In questa fase preliminare, i casi di applicazione costituiscono un momento limitato ed esemplificativo, circoscritto ad alcune categorie d'utenza e unità abitative.

Una fase successiva della ricerca riguarderà:

⁴ Le librerie di oggetti inserite all'interno del modello sono organizzate secondo lo standard internazionale ISO 12006-2 e utilizzano il formato IFC, al fine di consentire l'interazione del modello con altre piattaforme e software esterni per la simulazione prestazionale.

- l'ottimizzazione dei moduli abitativi e l'implementazione di ulteriori modelli in aggiunta rispetto a nuove categorie d'utente anziano;
- l'integrazione di ulteriori dispositivi *smart* in relazione ai progressivi aggiornamenti del mercato;
- l'estensione del modello all'intero edificio / distretto includendo anche gli spazi aperti, attraverso l'adozione di procedure interoperabili del tipo BIM/GIS.

La ricerca sperimentale messa in campo mira ad esplorare le potenzialità di tecnologie e strumenti digitali nella determinazione di nuove modalità di definizione del progetto, riferite a sistemi insediativi innovativi per anziani. Il tema è potenzialmente rilevante sia per l'approccio adottato, sia per le diverse implicazioni sul progetto e consente lo sviluppo di una metodologia multi-scalare e integrata che coinvolge i diversi attori del processo. Lo strumento è aperto a futuri approfondimenti e integrazioni tecnologiche e ad ulteriori estensioni ad altre tipologie edilizie e categorie d'utenza, di cui occorrerà valutare il livello di accettabilità delle soluzioni proposte in relazione ad una riconversione digitale del sistema produttivo industriale delle costruzioni non necessariamente così diffusa.

Conclusioni

La ricerca sul tema della progettazione delle residenze e degli spazi abitativi per anziani è rivolta alla definizione di nuove pratiche insediative, riferite a questa categoria d'utenza, per le quali si prospetta una stagione di sviluppo innovativa, proiettata verso la creazione di abitazioni maggiormente "inclusive", "intelligenti" e "sostenibili". Mentre i criteri dell'*Inclusive Design* sono ampiamente presenti negli esempi più recenti di abitazioni per anziani, le questioni di efficienza energetica e di up-grade tecnologico, rivolte alla trasformazione intelligente e sostenibile dell'ambiente costruito, rappresentano un campo di sperimentazione progettuale emergente, le cui ricadute, sia in termini di sostenibilità sia di qualità abitativa, sono ancora ampiamente da indagare.

Sebbene l'inserimento di soluzioni via via più sofisticate di *home e building automation* contraddistingua gli attuali processi di innovazione in ambito industriale, questi sistemi molto avanzati, testati prevalentemente in altri settori (es. informatico, sanitario e assistenziale) necessitano ancora di approfondite valutazioni al fine di delineare nuove pratiche di qualità dell'abitare e di opportune verifiche sul livello di accettazione/soddisfazione da parte degli utenti interessati.

Un modello abitativo *smart* per anziani, basato sul concetto

di "sistema edilizio aperto", consente, tuttavia, di ottimizzare in continuo le scelte progettuali, secondo diverse configurazioni spaziali e tecnologie intelligenti, adattandosi di volta in volta a bisogni e vincoli posti degli utenti. Un sistema edilizio *smart* così definito risulta particolarmente "flessibile" alle istanze dettate dalle esigenze specifiche degli utenti anziani secondo diversi livelli di fragilità e vulnerabilità, e "adattabile" agli avanzamenti propri della produzione e della ricerca sperimentale condotti in ambito informatico e dell'automazione industriale, grazie ai quali è ora possibile prefigurare nuovi scenari di sviluppo, sia in termini di programmazione e progettazione degli interventi, sia di gestione e d'uso consapevole degli edifici e delle risorse naturali e non a disposizione.

Questo processo di progressivo avanzamento digitale si traduce nella possibilità di definire scenari e prassi insediative innovative, maggiormente compatibili con i cambiamenti e le richieste della società e dei singoli. Sebbene questi siano riferibili ed estendibili a più ampie fasce di tipologie edilizie, risultano particolarmente efficaci nel caso delle abitazioni rivolte ad utenti fragili e anziani.

- Arbizzani, E. and Civiero, P. (2017), "Eco.h. Il catalogo tecnologico come strumento di guida e controllo del processo di edificazione", *3D Modeling. Progettazione, design, proposte per la ricostruzione*, Workshop 3D Modeling&BIM, Roma, Aprile 19-20, 2017, DEI Tipografia del genio civile, Roma, IT, pp. 46-60.
- Arbizzani, E., Civiero, P. and Mangiatordi, A. (2018), "Smart homes and Services design approach for AAL in Italy", *Innovative solutions for an Ageing Society*, proceedings of SMARTER LIVES 18, Innsbruck, February 20, 2018, Pabst Science Publishers, Lengerich, DE, pp. 87-94.
- Arbizzani, E. and Mangiatordi, A. (2018), "Progetto smart per le residenze per anziani: caratteri tipologici e soluzioni tecnologiche", in Baratta, A., Farina, M., ... Palmieri V. (eds), *Abitazioni Sicure e Inclusive per anziani*, Antefirma Edizioni, Conegliano, pp. 41-50.
- Balta-Ozkan, R., Davidson, M., Bichket, L. and Whitmarsh, L. (2013), "The development of smart homes market in the UK", *Energy*, vol. 60, pp. 361-372.
- Cellucci, C. (2016), "Accessibilità in ambiente domestico", in Lucarelli, M. T., Mussinelli, E. and Trombetta, C. (eds), *Cluster in Progress. La tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, pp. 53-63.
- IEA (2017), *Digitalization and Energy*, International Energy Agency, IEA, Paris.
- Mangiatordi, A. (2020), *Smart Technologies and Design in Ambient Assisted Living (AAL) for the Ageing Society. Tecnologie intelligenti e progetto negli ambienti domestici (AAL) per una società che invecchia*, Tesi di dottorato, PDTA, XXXI ciclo, Università "La Sapienza", Roma.
- WHO (2017), *Age-Friendly Environments in Europe. A handbook of domains for policy action*, World Health Organization, Geneva.
- Zambelli, E. (ed) (1982), *Il sistema edilizio aperto*, Franco Angeli, Milano.

Fig. 1 - Classificazione dei sistemi smart per categorie di progetto.

Fig. 2a - Requisiti ambientali e tecnologici in habitat innovativi per anziani.

Fig. 2b - Requisiti ambientali e tecnologici in habitat innovativi per anziani.

Fig. 3 - Processo progettuale di un sistema edilizio aperto per un modello residenziale smart per anziani.

Fig. 4 - Sistema edilizio aperto SHOW-ME. Schema logico per la modellazione parametrica del progetto attraverso l'interfaccia BIM.

“THREE, TWO, ONE... LINK START”

PREFIGURARE UNIVERSI VIRTUALI ATTRAVERSO ARTEFATTI AUDIOVISIVI

Vincenzo Maselli¹

Abstract

Le tecnologie digitali introducono nella cultura del progetto nuovi paradigmi conoscitivi e relazionali, che spesso è possibile prefigurare virtualmente e immaginare diegeticamente. Gli artefatti audiovisivi di genere fantascientifico, ad esempio, ipotizzano scenari d'azione e aprono a spazi di dibattito e riflessione. Adottando gli strumenti di analisi del design speculativo, il saggio confronta gli esistenti hardware di virtualità aumentata con l'immaginario proposto da artefatti audiovisivi che lavorano sulle dicotomie reale-virtuale e materiale-immateriale, e ne valuta gli effetti sulle discipline del progetto.

Keywords: Virtualità aumentata, Design speculativo, Prefigurazione, Artefatti audiovisivi, Immaginari tecnologici, Design user-centered

1 PDTA – Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, vincenzo.maselli@uniroma1.it

Introduzione: Progetto e immaginario

Anthony Dunne e Fiona Raby nel libro “*Speculative Everything*” suggeriscono che immaginare scenari in cui tecnologia, strutture sociali e abitudini individuali assumono configurazioni inaspettate è un'azione di design che permette di scrutare il presente e progettare futuri auspicabili, e chiamano questo processo “*speculative design*” (2013, p. 47). L'atto del progettare è per definizione *future-oriented* e spesso attinge agli immaginari costruiti dalla letteratura e dall'arte, li esplora, li ibrida e li prende in prestito (Dunne and Raby, 2013; Toso, 2016; Telotte, 2018). Costruire, dunque, una narrazione nella quale si colloca un progetto permette di apprezzarne le qualità tecnologiche, di valutarne gli effetti sociali e di modificarlo sulla base dell'idea del futuro che si vuole contribuire a definire. «sfruttare gli scenari distopici – scrive Francesca Toso – stimola [il progettista] ad attivare la capacità di critica e di *problem solving*, dimostrando di aver valutato pro e contro del progetto» (2016, p. 294).

Partendo dai presupposti teorici del design speculativo e conducendo una rapida panoramica degli strumenti hardware oggi impiegati nel campo della *augmented virtuality*, il saggio indaga il contributo del mezzo audiovisivo nella costruzione di immaginari futuri ipertecnologici in cui l'esperienza di universi virtuali immersivi raggiunge risultati sorprendenti, e valuta criticamente gli strumenti prefigurati in relazione al loro apporto sulle discipline del progetto.

Linee del dibattito scientifico

A partire dalla metà degli anni '90 le tecnologie digitali hanno ipotizzato l'interazione tra reale e virtuale, prefigurando scenari sempre più ibridati. Tutt'oggi è esemplificativa di questa relazione la teoria del “*Continuum Reale-Virtuale*” formulata da Paul Milgram e Fumio Kishino nel 1994, che ammette situazioni che oscillano tra la realtà aumentata e la virtualità aumentata. Nella prima (AR) un *digital layer* viene sovrapposto al mondo reale, ‘aumentandone’ la visione attraverso l'aggiunta di informazioni virtuali; nella virtualità aumentata (AV) avviene l'esatto opposto: gli utenti vivono esperienze immersive multisensoriali in mondi totalmente virtuali, con cui interagiscono attivamente (Bell, 2008; Girvan, 2018). Se la realtà virtuale e la realtà aumentata sono più note al grande pubblico grazie ai software di modellazione 3D e ai *devices* che alterano la percezione della

realtà frapponendo un diaframma virtuale tra utente e mondo reale, la virtualità aumentata è ancora in fase di sviluppo e vede oggi promettenti applicazioni, che mirano a restituire stimoli reali nell'esperienza virtuale del fruitore. Il progetto *Tree*, sviluppato nel 2017 dal MIT in collaborazione con Milica Zec e Winslow Porter, è un'esperienza virtuale completamente immersiva durante la quale l'utente si trasforma in un albero della foresta pluviale e ne sperimenta in prima persona crescita, vibrazioni, calore e tattilità corporea. I campi di applicazione ad oggi sperimentati e ipotizzati della virtualità aumentata spaziano dalle discipline del progetto, all'educazione, alla psicologia, alla medicina e, naturalmente, all'intrattenimento.

La caratteristica principale dell'AV è l'immersività, la percezione di essere fisicamente ubicati in un mondo non-fisico che circonda l'utente con immagini, suoni e altri stimoli sensoriali e che risulta “autentico” (Freina and Canessa, 2015). L'esperienza di scenari virtuali ha vari gradi di immersività: si passa dal modello CAVE (*Cave Automatic Virtual Environments*), che prevede la proiezione di scene virtuali sulle pareti di una stanza con cui l'utente può interagire attraverso sensori di movimento, alla tecnologia degli *Head Displays*. Introdotti nel 1965 con il progetto *Ultimate Display* di Ivan Sutherland, gli *Head Displays* possono essere classificati in due categorie: gli *Hand held displays* e gli *Head mounted displays* (HMD). I primi si servono del monitor di *devices* computerizzati (smartphone o tablet) come diaframma attraverso cui osservare una realtà virtuale a 360 gradi. I sistemi HMD, invece, prevedono visori monoculari o binoculari inseriti all'interno di un casco. Questi sono a loro volta di due tipologie: *mobile* or *tethered*. Nei *mobile HMD* uno smartphone si inserisce in una calotta e viene trasformato in dispositivo di AV (es. il progetto *Google Cardboard* del 2014). I sistemi *tethered HMD*, invece, collegano un computer ad un visore che contiene un display su cui sono generati video che immergono l'utente in contesti virtuali. A partire dai *Google Glass* nel 2013, i sistemi HMD di virtualità aumentata si sono evoluti e sono diventati sempre più sofisticati e performanti, basti pensare ai recenti *devices* HMD come l'*Oculus Rift*, il *HTC Vive*, il *Samsung Gear* e le *Microsoft HoloLens*.

Science fiction e virtualità aumentata: RPI e SAO

Il cinema fantascientifico è il medium privilegiato per prefigurare ciò che potrebbe essere e per ipotizzare indirizzi di speri-

mentazione tecnologica, influenzando gli sviluppi della scienza e della tecnica. A partire dagli anni '90 il cinema ha manifestato un crescente interesse nei confronti del panorama tecnologico offerto dai concetti di realtà aumentata, realtà virtuale e virtualità aumentata. Nel 1999 con *The Matrix* le sorelle Wachowski hanno inaugurato un filone narrativo in cui mondi virtuali elaborati al computer diventano esperienze di vita alternative a scenari post-apocalittici. Il cinema d'animazione non è stato da meno, e negli stessi anni ha costruito narrazioni ambientate in mondi virtuali o in realtà parallele accessibili grazie all'impiego di *devices* ipertecnologici (es. *Digimon* 1999, *Paprika* 2006). Alcune ipotesi tecnologiche immaginate in produzioni audiovisive hanno lavorato sulla dicotomia reale-virtuale e prefigurato strumenti e scenari nuovi e applicabili alle discipline del progetto.

Il *thriller* fantascientifico *Ready Player One* diretto da Steven Spielberg nel 2018 è ambientato nel 2045, in un futuro distopico in cui sovrappopolazione e inquinamento hanno compromesso la vita sulla terra e l'unica via di fuga è un universo virtuale immersivo chiamato *Oasis*. Per esperire la realtà virtuale di *Oasis* sono necessari un visore, dei guanti e una tuta tattile per ricevere feedback sensoriali dall'interazione con oggetti virtuali (Fig. 1). Il film propone una serie di innovazioni e sfide tecnologiche che possono essere confrontate con la realtà degli strumenti ad oggi brevettati. I visori di nuova generazione (*Oculus Quest*, *Oculus Go* e *Oculus Rift S* del 2019) non riescono ancora ad eguagliare la morfologia e la leggerezza dei visori della pellicola poiché, pur essendo apparecchiature wireless *all-in-one*, richiedono ancora un computer esterno per esperire ambienti virtuali. È in fase

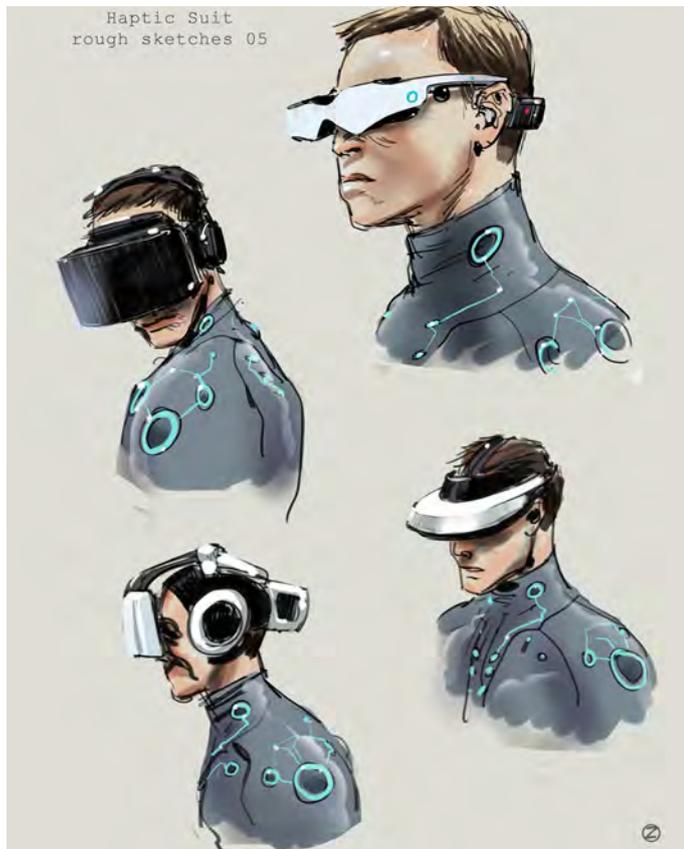


Fig. 1

di sviluppo una versione aggiornata (*Oculus Santa Cruz*) che trasmette i movimenti del corpo nell'ambiente virtuale senza la necessità di alcun hardware esterno. Quest'ultimo è molto simile al *gear* in *RP1*, ma la versione di Spielberg va oltre e consente



Fig. 2

di interagire con ostacoli e altri avatar virtuali, e riceverne feedback tattili grazie a guanti e tute speciali. Nella realtà, gli esperimenti in questa direzione sono parecchi e alcuni hanno ottenuto un discreto successo. Nel 2018 La startup *HaptX* ha realizzato il prototipo di un guanto capace di restituire la sensazione tattile degli oggetti virtuali (Roettgers 2018) con risultati straordinariamente realistici, seppure il guanto ha un aspetto poco attraente e sembra parte di un esoscheletro circondato da tubi e fascette. Nel 2019 è stata brevettata la tuta *Teslasuit*, che fornisce un feedback tattile *full body*, emulando sensazioni fisiche sul corpo dell'utente. L'architettura di *Oasis*, l'universo virtuale immersivo di *RP1*, è l'aspetto meno futuristico del film poiché, come si vedrà in seguito, i computer games online partecipati ambientati in mondi virtuali non sono di nuova concezione, basti pensare a *Sansar* (2017), successore di *Second Life*, e ad *AltspaceVR* di Microsoft, la cui versione *beta* risale al 2015.

Nel 2012 con la *light novel* *Sword Art Online*, e nel 2013 con l'omonimo anime, il mangaka Reki Kawahara ipotizza che nel 2022 sarà possibile vivere un'esperienza immersiva multisensoriale in giochi virtuali di ruolo grazie ad un dispositivo chiamato *NerveGear* (Fig. 2), un casco che simula una stimolazione dei cinque sensi tramite la manipolazione degli impulsi nervosi e che permette ai giocatori di controllare il proprio avatar virtuale con la mente mentre si è in uno stato di incoscienza. A differenza di *RP1*, *SAO* solleva domande di tecnologia e biologia a cui non è ancora possibile dare una risposta, poiché prevede immersioni *Full Dive!* durante le quali il giocatore è immobilizzato nel



Fig. 3

mondo reale mentre la sua coscienza è interamente immersa nel mondo virtuale. La sfida del *Full Dive* – scrive il game designer Mike Prinke (2018) – «is not so much full-body immer-

1 L'espressione 'Full Dive' è stata conosciuta dallo stesso Reki Kawahara per descrivere un'esperienza di realtà virtuale completamente immersiva che coinvolge tutto il corpo e trasmette informazioni da e verso il cervello.



Fig. 4

sion as it is full-mind immersion», ovvero la progettazione di una *Brain-Computer Interface* (BCI) che consenta agli utenti di controllare le funzioni del sistema con il pensiero. Nel corso dell'anime si assiste all'evoluzione di questi strumenti e, nella saga *Mother's Rosario* della II stagione, viene descritto un altro *hardware* specificatamente usato a scopi medici per i pazienti terminali come il personaggio Yuuki: il *Medicuboid*.² Gli unici BCI oggi sperimentati sono usati, non a caso, in campo medico da persone paralizzate come mezzo per comunicare.

I MMORPG (*Massive Multiplayer Online Role-Playing Game*)³ ambientati in mondi virtuali sono oggi il settore trainante della tecnologia della virtualità aumentata e gli immaginari proposti dallo strumento audiovisivo hanno contribuito a implementarne le componenti hardware e software. Dopo il successo ottenuto dagli scenari ipertecnologici prefigurati con RP1, la Disney ha realizzato nel 2018 un prototipo di 'tuta aptica'. La tuta, tecnicamente un giubbotto a stimolazione pneumatica chiamato "force jacket", induce stimolazioni sotto forma di vibrazioni e pressioni attraverso un meccanismo di sensori e cuscinetti gonfiabili. A seguito del successo di SAO, invece, nel marzo 2016 la IBM Japan ha lanciato il progetto *SAO: The Beginning*, un'avventura in realtà virtuale ispirata alla serie omonima. Il gioco, presentato in una versione Alpha, forniva un'esperienza completamente immersiva sfruttando i visori *Oculus Rift* e *HTC Vive* integrati, e la tecnologia di motion capture per controllare l'avatar virtuale (Fig. 3). Di stessa ispirazione ma tecnologicamente più maturo è il mondo virtuale MANOVA creato dall'azienda XRSPACE e accessibile con il nuovo visore MOVA. MOVA, piccolo, leggero e realizzato in collaborazione con Qualcomm, non ha bisogno di alcun controller per tradurre virtualmente i movimenti dell'utente (Fig. 4). Il progetto, lanciato nel maggio 2020 è unico nel suo genere ed è il primo ad utilizzare uno strumento hardware così performante e dalle dimensioni così ridotte, se pur mancano ancora risponderie sensoriali tra il mondo virtuale e quello reale.

Conclusioni. La VR e le discipline del progetto

L'utilizzo della virtualità aumentata si inserisce, come accennato, nel più ampio scenario di alterazione dei processi progettuali, nei quali la dimensione del progetto diventa virtuale, dinamica e interattiva, se pur mediata. Il mezzo audiovisivo preso in esame è strumento di prefigurazione di questi processi e anticipa scenari progettuali fortemente ibridati. Se l'AR dimostra la sua validità in fase di produzione (basti pensare al

DAQRI Smart Helmet, elmetto da cantiere con visore integrato per fornire informazioni aggiuntive all'utente), l'AV esprime le sue potenzialità soprattutto in fase di concept development e durante il percorso di apprendimento. L'esperienza tridimensionale immersiva, infatti, migliora la percezione prospettica di un progetto, permette di cogliere dettagli strutturali difficilmente rappresentabili, ne facilita la comprensione da parte di coloro che, in un team multidisciplinare, hanno minor dimestichezza con gli strumenti della rappresentazione e, nel rapporto con un cliente, permette di far esperire le reali dimensioni del progetto e di valutarne le qualità ergonomiche, costruttive, funzionali ed estetiche. Questo approccio *user-centered* aumenta anche il coinvolgimento emotivo dell'utente che si sente completamente e attivamente immerso nel processo progettuale poiché, trattandosi di un ambiente generato dal computer, la modifica di elementi estetici come materiali, colori e forme geometriche può avvenire a velocità massima e costo esiguo. Uno dei primi esperimenti di questa strategia partecipata e virtuale risale al progetto dello studio londinese *VRTisan* che nel 2016 ha creato un nuovo tool «that allows designers to create more convincing scenes by designing while immersed in them» (Mairs, 2016), mettendo insieme controller manuali, il visore VR *HTC Vive* e il software *Unreal Engine* (Fig. 5).

La dimensione partecipata e comunitaria permessa dalla VR è, secondo Jøn Asbjørn (2010), un importante apporto di questa tecnologia, permettendo un accesso simultaneo da postazioni diverse e virtualmente interattive. Se nell'universo delle società dei giocatori dei MMORPG organizzate in "clan" o "gilde" la partecipazione "fisica" e l'interazione virtuale generano legami tra i giocatori e senso di appartenenza, nelle discipline del progetto, la collaborazione tra i soggetti coinvolti e la partecipazione al processo di *concept development* diventano qualità essenziali del processo progettuale e rendono la dimensione *user-centered* e partecipata di mondi immersivi un requisito fondamentale degli stessi.

References

- Asbjørn J. (2010), "The Development of MMORPG Culture and The Guild", *Australian Folklore*, vol. 25, pp. 97-112.
- Bell, M.W. (2008), "Towards a definition of 'virtual worlds'", *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 1(1), pp. 2-5.
- Dunne, A. and Raby, F. (2013), *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Freina L. and Canessa A. (2015), "Immersive vs Desktop Virtual Reality in Game Based Learning", proceedings of the 9th European Conference on Games Based Learning (ECGBL), Steinkjer, Norway, 8-9 October 2015, Nord-Trøndelag University College, pp. 195-202.
- Girvan, C. (2018), "What is a virtual world? Definition and classification", *Educational Technology Research and Development*, vol. 66, pp. 1087-1100.
- Dezeen (2016), "VR goggles combined with hand-held controllers offers architects 'a whole new way of designing'", available at: <https://www.dezeen.com/2016/05/25/virtual-reality-designing-architects-vrtisan-unreal-engine-htc-vive/> (accessed 25 July 2020).
- Milgram, P. and Kishino, A.F. (1994), "Taxonomy of Mixed Reality Visual displays", *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol.12, pp. 1321-1329.
- Quora (2018), "What principles of biology and technology do we not understand fully enough in order to develop 'full-dive' VR?", available at: <https://www.quora.com/What-principles-of-biology-and-technology-do-we-not-understand-fully-enough-in-order-to-develop-full-dive-VR-like-in-Sword-Art-Online> (accessed 20 February 2020).

2 L'idea del *Medicuboid* recupera un filone della narrazione fantascientifica inaugurato nel 2001 dal *thriller* psicologico *Vanilla Sky* in cui David Aames (Tom Cruise) rimane per 150 anni in uno stato di "Sogno Lucido", una vita virtuale simile a prima della morte, e ripreso dall'episodio *San Junipero* (2016) della serie *Black Mirror*.

3 L'acronimo è stato coniato nel 1997 da Richard Garriott (creatore di *Ultima Online game*), e si riferisce a giochi di ruolo *online multiplayer* di massa e alle loro *community* sociali, discendenti di giochi analogici come *Chainmail* e *Dungeons & Dragons* degli anni '70 e dei *MUD* multiutente *text-based* degli anni '80 (Asbjørn 2010).

Roettgers, J. (2018), "How 'Ready Player One' Compares to Today's VR Technology", available at: <https://variety.com/2018/digital/news/ready-player-one-vr-tech-1202739419/> (accessed 20 February 2020).

Toso, F. (2016), "Quando l'immaginario diventa progetto", in Riccini, R. (ed.), *Fare ricerca in design*, il Poligrafo, Padova, pp. 292-298.

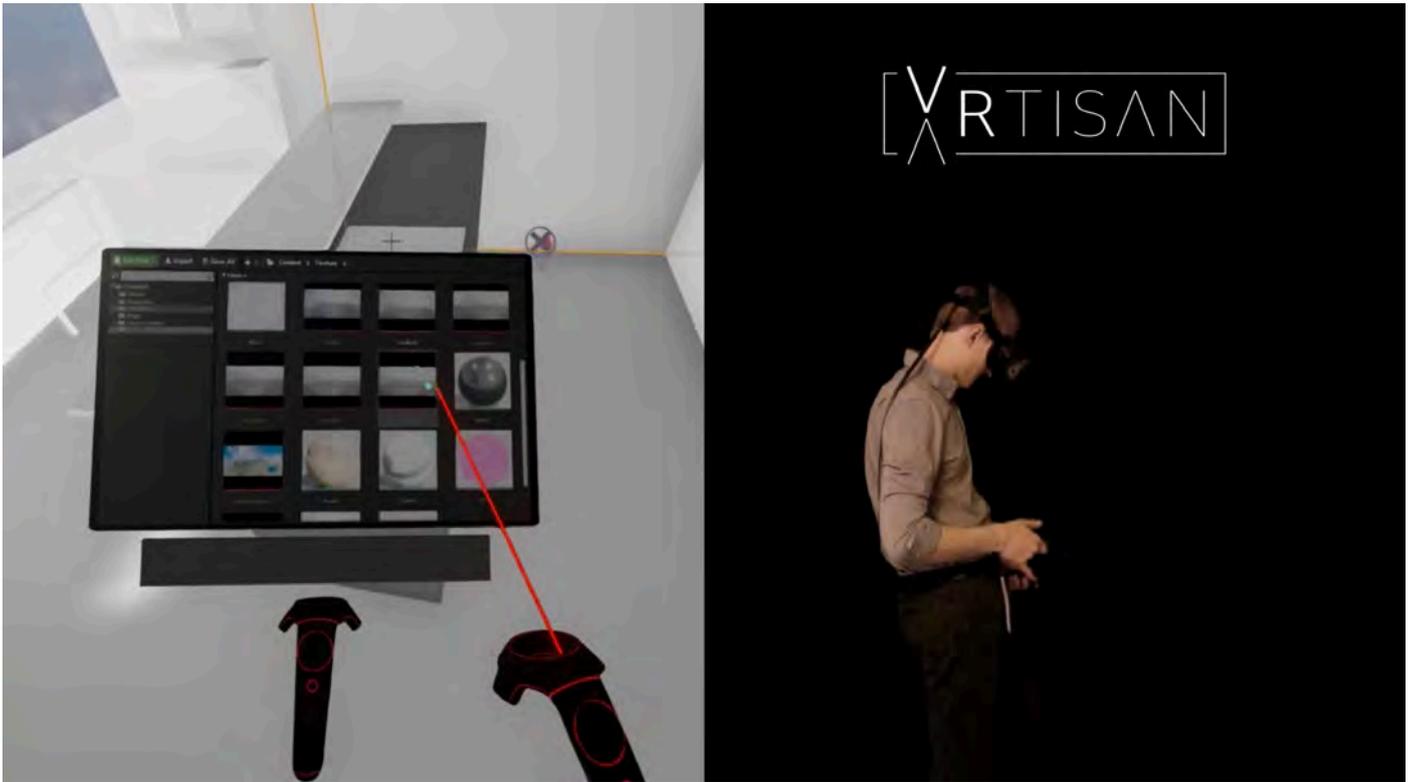


Fig. 5

Fig. 1 - Ready Player One (Steven Spielberg, 2018) | Haptic suit, pre-production image. ©Warner Bros

Fig. 2 - Sword Art Online (Reki Kawahara, 2013) | NerveGear, Still frame. ©A-1 Pictures

Fig. 3 - SAO: The Beginning (IBM Japan, 2016) | Oculus Rift e HTC Vive integrati, prototipo. ©IBM Japan

Fig. 4 - MOVA (XRSpace, 2020) | MANOVA headset, prototipo. ©XRSpace

Fig. 5 - VRTisan - Architectural Visualisation (2016) | Unreal Engine, visore HTC Vive e controller di movimento, simulazione di processo progettuale. ©VRTisan

DIGITALIZZAZIONE E "SOCIALIZZAZIONE INFORMALE" NEL PROGETTO DELL'HOUSING UNIVERSITARIO

Oscar Eugenio Bellini¹, Martino Mocchi², Marianna Arcieri³

Abstract

Il presente contributo, esito di un lavoro in corso presso il Dipartimento ABC del Politecnico di Milano, indaga, nell'era della progettazione digitalizzata, l'importanza della "socializzazione informale" nel progetto dell'housing universitario. Un tema non ancora adeguatamente approfondito dalla disciplina, anche nella prospettiva di un rafforzamento epistemologico della dimensione condivisa dell'abitare. Dall'analisi di alcune best practices individuano possibili ricadute interpretative e progettuali nell'ambito della residenzialità studentesca e di altre forme di abitare sociale.

Keywords: Digitalizzazione, Approcci progettuali, Innovazione di progetto, Socializzazione informale, Student housing

¹ D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, oscar.bellini@polimi.it

² D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, martino.mocchi@polimi.it

³ D.ABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e Ambiente costruito, Politecnico di Milano, marianna.arcieri@polimi.it



Fig. 1

La visione tecnologica del progetto e le sfide della digitalizzazione

L'affermazione delle tecnologie digitali a supporto dell'architettura ha rappresentato un sovvertimento dei canoni operativi e metodologici della disciplina, implicando la messa in discussione non solo delle tradizionali forme e possibilità espressive, ma anche dell'intero apparato interpretativo del progetto. Citando la teoria delle "intelligenze multiple" di Gardner (1983), si può osservare come i requisiti cognitivi alla base del progetto si stiano spostando da una dimensione spaziale e cinestetico-corporea verso una concezione maggiormente linguistica e logico-matematica. Un cambiamento al centro del dibattito da almeno un trentennio (Crespi et al., 1985), che pone interrogativi sia in termini di crescita delle possibilità del progetto, sia della sua interpretazione epistemologica.

Il più recente sviluppo di strumenti, quali il BIM, sta implicando un'innovazione non solo di prodotto, ma anche di processo, ridefinendo le modalità di collaborazione tra l'architetto e gli altri attori del processo: professionisti, committenti, costruttori, enti pubblici ecc. (Russo Ermolli and De Toro, 2017). Si stanno affermando nuove priorità che permettono un controllo più rigido di tempi, fasi e costi dell'architettura. Un percorso irreversibile, che aprendosi a nuove sfide di natura tecnica e organizzativa richiede una ibridazione tra saperi, competenze e professionalità flessibili, in grado di comprendere le molteplici valenze del fare architettura in vista dei bisogni sociali (Codarin, 2018). Come ha affermato Carlo Marchesoni (*Jacobs Engineering*), la natura complessa del processo di realizzazione dell'architettura richiede «*team* di specialisti, con economisti, scienziati, chi si occupa di *social value* o esperti del digitale» (Pierotti, 2020). Una situazione che favorisce l'affermarsi di grandi studi professionali, a scapito delle entità artigianali più penalizzate dal mercato e dalle esigenze di adeguamento informatico.

A fronte di evidenti opportunità, questo scenario apre una trasformazione nel modo di concepire e svolgere l'architettura, implicando una riflessione sulla portata di questi cambiamenti: per evitare che il "supporto informatico al progetto" si trasformi in una "digitalizzazione del pensiero progettuale", con la conseguente autolegittimazione dell'architettura a semplice oggetto, incapace di rispondere alle aspettative ed esigenze collettive. Un rischio che non sembra così remoto.

Senza rinunciare alle aperture mentali e strumentali della digitalizzazione, appare quindi prioritaria la necessità di ricollocare l'evoluzione di tali tecnologie all'interno del rafforzamento dei requisiti della qualità sociale, ambientale, ecologica ed economica del progetto. La sfida diventa approfondire il dibattito tra "fini" e "mezzi" dell'architettura, senza ricondurlo a una banale questione "di strumenti", che finisce per ridurre la *quaestio* alla sola dimensione processuale.

In questo contesto, l'area della Tecnologia deve continuare a giocare un ruolo di primo piano, considerata la sua congenita capacità di fornire contributi allo sviluppo delle pratiche costruttive, perseverando al contempo nella ricerca di una "innovazione di progetto" come chiave interpretativa per garantire una qualità fruitiva ai processi di trasformazione dello spazio.

A un Convegno del 2018¹, Fabrizio Schiaffonati affermava che «la capacità del progetto deve essere predittiva, e non può

appiattirsi sul tecnicismo specialistico, né sul sostenibilismo onnipervasivo». Un concetto che dovrebbe rappresentare una guida su cui rifondare l'interpretazione tecnologica dell'azione progettuale, riconoscendo la relazione tra prassi disciplinare, forme dell'abitare e processi mentali. Interazioni irrinunciabili per quel metodo prestazionale-esigenziale che ha determinato un radicale cambiamento nel modo di intendere il progetto di architettura².

Tali riferimenti si traducono in un monito per la riflessione futura, una condizione per mantenere uno sguardo unitario all'interno della dispersione disciplinare contemporanea, a vantaggio di una comprensione della portata del progetto non solo in termini tecnici e tecnicistici, ma anche sociali e culturali. Un approccio da ricondurre sempre più ad ambiti specifici, quali il sapere tecnologico, i valori della costruzione e il contesto sociale.

Parafrasando il filosofo Umberto Galimberti, la pervasiva digitalizzazione del settore non deve trasformare gli architetti in "funzionari della tecnologia (digitalizzata)", ma renderli portatori di una visione "laica", consapevole delle possibilità offerte dalle nuove strumentazioni informatiche.

Non si può nascondere che ciò stia mettendo in discussione l'identità statutaria dell'architetto ideatore del progetto, a vantaggio dell'affermazione del *Digital Master Builder*, quale nuovo prototipo di figura post-albertiana o neo-medievale, assunta a *deus ex machina* del processo progettuale.

Nell'era della computazionalità si vengono quindi ad accostare due ipotesi operative, di cui una non dovrebbe escludere l'altra. La prima insiste sulla necessità di assimilare strumenti, approcci, procedure e gergo comunicativo in grado di rendere più efficace l'operato dell'architetto. La seconda sottolinea l'opportunità di approfittare dei caratteri eversivi e di innovazione della transizione digitale per riconfigurare lo statuto e l'identità dell'architettura. Una dualità che da un lato ribadisce l'importanza di un riconoscimento disciplinare, dall'altro attribuisce alla digitalizzazione un valore taumaturgico e salvifico.

In ragione di ciò, nel confermare la dimensione processuale, la Tecnologia dell'architettura non può esimersi dal fare proprie le potenzialità strumentali della digitalizzazione, senza al contempo disconoscere le proprie radici scientifiche e culturali. Ciò anche in vista della costitutiva mancanza del mondo digitale, che avendo necessità di un alto numero di dati per emettere diagnosi, non risulta in grado di affrontare la "novità", ossia la soluzione di problemi che non si siano già manifestati. Una possibilità che deve essere riconosciuta all'intelligenza umana e alla sua capacità di fare sintesi rispetto a contenuti apparentemente distanti, per prefigurare nuove opportunità, relazioni e situazioni.

La "capacità ideativa" rappresenta una dimensione mentale che richiede flessibilità, competenze, focalizzazione, come sottolineato in un contributo riportato sul sito di *Autodesk's Redshift*, secondo cui «*creativity will remain the realm of the human mind. And thanks to AI, humans are increasingly being afforded the ability to create and design the world they want to live in and leave the dirty work to the machines*»³.

Avvalendosi del primato del progetto, l'architettura deve sottrarsi dal dare risposte meccaniche, valorizzando l'approccio immaginativo per generare ciò che non esiste e che, una volta riconosciuto, diventa irrinunciabile. Il motore dell'azione di progetto è la capacità ideativa, che fonda le radici nella conoscenza eteronoma e transdisciplinare. Il digitale è una rappre-

1 "La produzione del progetto", organizzato da SITdA presso il Dipartimento "Architettura e Territorio" dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018.

2 Gli studi e le ricerche del compianto Romano Del Nord continuano a rappresentarne un'esemplificazione paradigmatica: «la digitalizzazione del settore [...] e la sostenibilità [...] sono destinate a condizionare radicalmente i processi progettuali, tanto nei contenuti quanto nei metodi di elaborazione – e non intendo nelle tecniche rappresentative ma nei processi decisionali di natura progettuale che essi sottendono» (Del Nord 2016, p. 214).

3 cfr. <https://www.autodesk.com/redshift/machine-learning-in-architecture/>

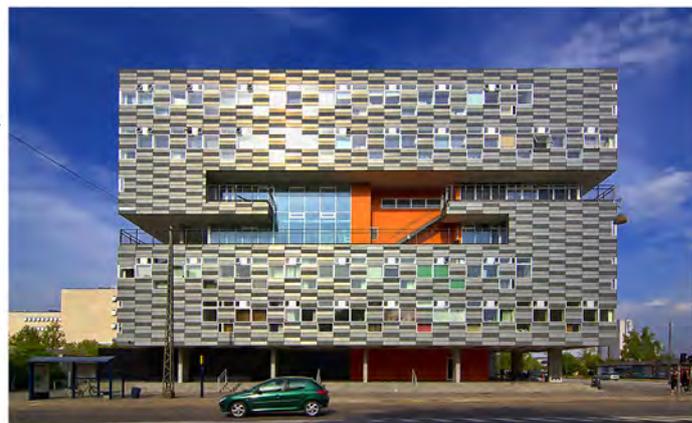
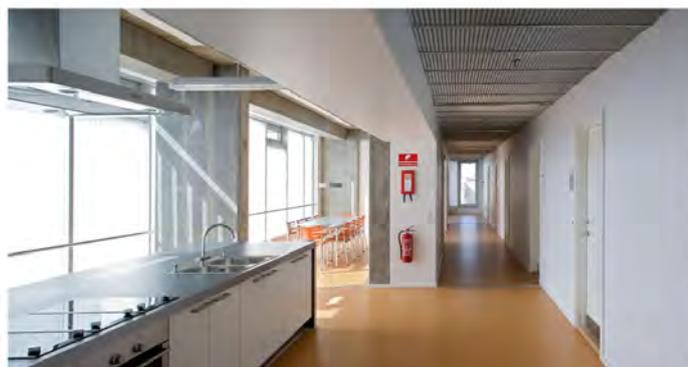


Fig. 2

sentazione della realtà, una codifica di informazioni che mette a disposizione dell'architetto una prefigurazione grafica, portando alla valorizzazione del segno come oggetto estetico.

Quando la digitalizzazione interviene nel processo progettuale si lega alla morfogenesi dell'opera: per gli architetti computazionali la forma è algebricamente generativa, non essendo soluzione di continuità tra le fasi di concettualizzazione e di sviluppo del progetto. Ciò si sostituisce a un approccio più "tradizionale", fondato sul modello analogico e sulla pratica dello schizzo manuale. La vicinanza tra i due percorsi può essere individuata nel *digital sketching*, che opera con la logica condizionata di *machine readability*. Ne deriva un esito non sempre coerente e confacente al modo di pensare il progetto, vista l'intrinseca non-linearità del modello analogico, che si configura come una nuova modalità di fare, una strategia per promuovere innovazione.

La digitalizzazione non è altro che una nuova modalità di fare le cose, una strategia che si adegua al rapido mutare delle situazioni. Mentre nell'era industriale l'innovazione mirava alla risoluzione di problemi contingenti, nell'era digitale tale concetto diventa una condizione esistenziale, determinando la necessità di pensare a categorie, per dirla come Bauman, "liquide", per dirla con Bauman. In tale situazione si perde la certezza del processo e vengono meno alcuni punti di riferimento. L'apparire rischia di diventare l'unico valore, in una gara al "consumismo dell'immagine", perseguita attraverso l'appagante renderizzazione del progetto, che riassume il processo di "disvelamento" dell'opera tradizionale. In questo modo si rischia di perdere la sfida del progettare, che oggi è indissolubilmente legata al ripensamento del nostro modo di vivere insieme agli altri in un mondo sostenibile (Agnoletti et al., 2016).

Dirty signs on paper vs script maker nella "socializzazione informale" dell'housing universitario

La triade "progetto, digitalizzazione, industria 4.0" sta producendo la trasformazione della Cultura Tecnologica della pro-

gettazione, vista la possibilità di collegare e interconnettere tutti gli oggetti che popolano l'ambiente, con rilevanti possibilità di sviluppo, implementazione e automazione.

Uno degli ambiti che sembrano poter maggiormente beneficiare di queste nuove sperimentazioni è quello delle "residenze speciali": un settore da sempre foriero di innovazione, contesto ideale per accogliere riferimenti di contenuto e metodo, dove alla ricerca di inedite prassi di progetto e processo si associano forme innovative di partecipazione e interazione tra utenti. Un contesto imprescindibilmente legato alle conseguenze sociali e alla qualità delle relazioni umane innescate dal progetto, che attribuisce alle nuove strumentazioni digitali la giusta funzione di "mezzo", impedendone a priori ogni semplicistica riduzione compositivo-formale.

L'attualità del tema è riconosciuta dalla necessità di definire nuovi modelli abitativi che sappiano rispondere all'evoluzione delle forme dell'abitare plurale, esplorando nuove prassi per lo stare insieme e per la condivisione di spazi anche tra gruppi eterogenei. Una ricerca che si lega all'urgenza di razionalizzare i costi, senza rinunciare a promuovere capitale umano e sociale, dialogo e mutua assistenza tra simili. Uno scenario che ha manifestato la sua ineludibile centralità in occasione del recente *lock-down*, dove le carenze spaziali e funzionali di molte strutture per l'abitare condiviso sono emerse chiaramente.

Come rivelano alcune *best practice*, tale riflessione assume specifico significato nello *student housing*, il cui tratto identificativo risiede nella possibilità di proporre forme abitative economiche a supporto di modelli complessi di convivenza, in grado di accrescere la qualità delle relazioni e dei rapporti tra utenti, rafforzandone il senso di appartenenza e identificazione.

Tale ambito offre interessanti possibilità per avviare sperimentazioni progettuali sostenute dal paradigma della *informal socialization*: una dimensione che eccede la tradizionale progettazione dei luoghi per la didattica e per lo studio, estendendosi alla considerazione degli ambienti della socialità pertinenziale, degli spazi ricreativi e delle forme di interazione generate, anche nella prospettiva di nuovi scambi tra residenza e quartiere.

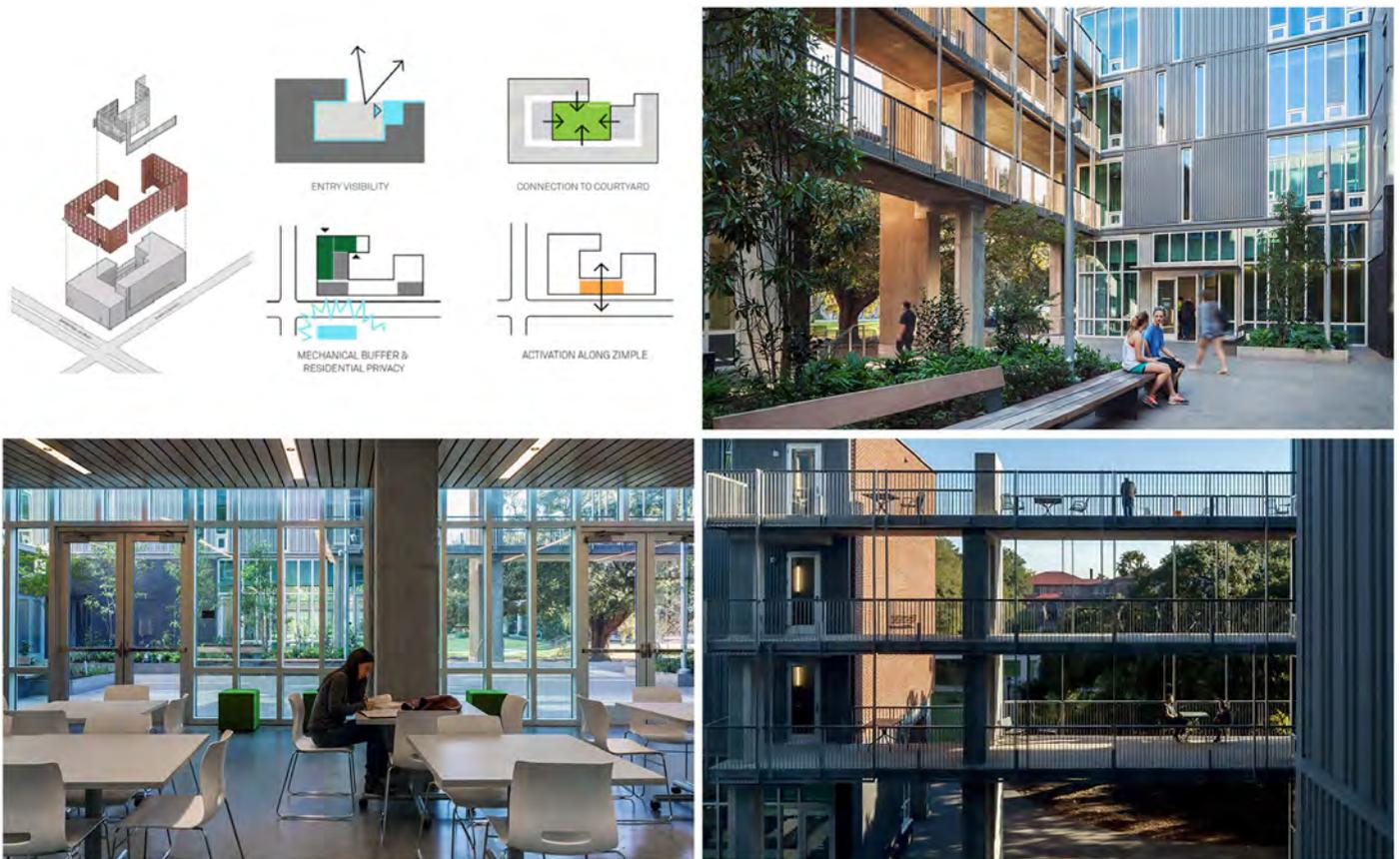


Fig. 3

Un terreno non convenientemente esplorato, che prelude a una società più aperta e interconnessa, fondata sulla opportunità di intensificare le relazioni intergenerazionali e interpersonali.

L'importanza dell'apprendimento non formale – al di fuori dei tradizionali luoghi dedicati alla formazione – è stata riconosciuta a livello istituzionale oltre vent'anni fa⁴, come fattore complesso «*through which individuals gain the knowledge, skills, and values necessary for successful entry into a professional career requiring the advanced level of specialized knowledge and skills*» (Crisogen, 2015). Un aspetto che richiede una sofisticata capacità di decodificare e interpretare attività complesse, non rigidamente strutturate, per tradurle in spazi flessibili e articolati.

Questa sua complessità, che richiede una comprensione e una interpretazione consapevole delle abitudini individuali, delle attività legate al lavoro, alla famiglia, al tempo libero, all'abitare in senso più complessivo, non può essere "affidata" a dei semplici processi di parametrizzazione digitale. Un processo che non è "organizzato" e non è necessariamente intenzionale per l'individuo, basandosi su processi cognitivi incontrollati e inconsapevoli, che l'architettura può incoraggiare e supportare. Ciò rende la qualità progettuale dello spazio un fattore imprescindibile rispetto al modo in cui le persone interagiscono e crescono. Fornire un ambiente adatto all'apprendimento attivo e allo sviluppo delle abilità sociali richiede una profondità di comprensione che le forme di mera osservazione passiva non possono replicare.

L'identificazione di questo "valore aggiunto" del progetto costituisce il *focus* di una ricerca attualmente in corso presso il Dipartimento ABC del Politecnico di Milano, che sta prevedendo l'analisi di *best practice* a livello internazionale per dimostrare l'importanza di tale paradigma interpretativo (Bellini, 2019).

Esemplificativi, per esempio, appaiono il *Tietgen Dormitory* a København, progettato da Lundgaard & Tranberg Arkitekter (Fig. 1) e il *Bikuben Student Residence*, sempre a København, degli AART A/S (Fig. 2), oppure la *Barbara Greenbaum House*, di Architecture Research, una residenza presso la *Tulane University* di New Orleans (Fig. 3), o infine lo *Student Housing* a Marne-la-Vallée, di Atelier Villemard Associés (Fig. 4).

I primi elementi di innovazione che accomunano questi casi studio sono rappresentati da una nuova concezione tipologica e di organizzazione e distribuzione dei servizi condivisi (Tab. 1), dalle inedite modalità con cui questi ultimi vengono organizzati e strutturati (Tab. 2), dalla definizione del quadro esigenziale e del modello funzionale, dall'organizzazione dei connettivi orizzontali interpretati non come semplici "connessioni" ma come "luoghi" in grado di trasformarsi in ambiti ideali per condivisione e aggregazione. A ciò si aggiungono le scelte materiche, come quelle legate all'adozione di materiali trasparenti, che permettono di creare luoghi permeabili alla vista, sia per chi li occupa sia per chi sta fuori, generando un primo livello di "socializzazione informale" che garantisce la sensazione di essere parte di una comunità condivisa.

Prospettive di sviluppo

La tassonomia della produzione internazionale nell'ambito dello *Student Housing* (Bellini, 2017) sta dimostrando in che misura e con quali espedienti i legami sociali informali possono determinare e definire la fase euristica del progetto, supportando l'individuazione di modelli abitativi innovativi. Un obiettivo che coinvolge, *in nuce*, il momento ideativo e la codifica delle potenziali alternative tipologiche rispetto ai tradizionali spazi condivisi previsti da questa forma di abitare. Fase, questa, che rifugge e prescinde dall'appagamento indotto dalle nuove tecnologie digitali, che troppe volte prefigurano una mera evoluzione

4 cfr. Commissione Europea (2000), *Memorandum sull'istruzione e la formazione permanente*, Documento di lavoro dei servizi della Commissione SEC, Bruxelles, ottobre 2000.

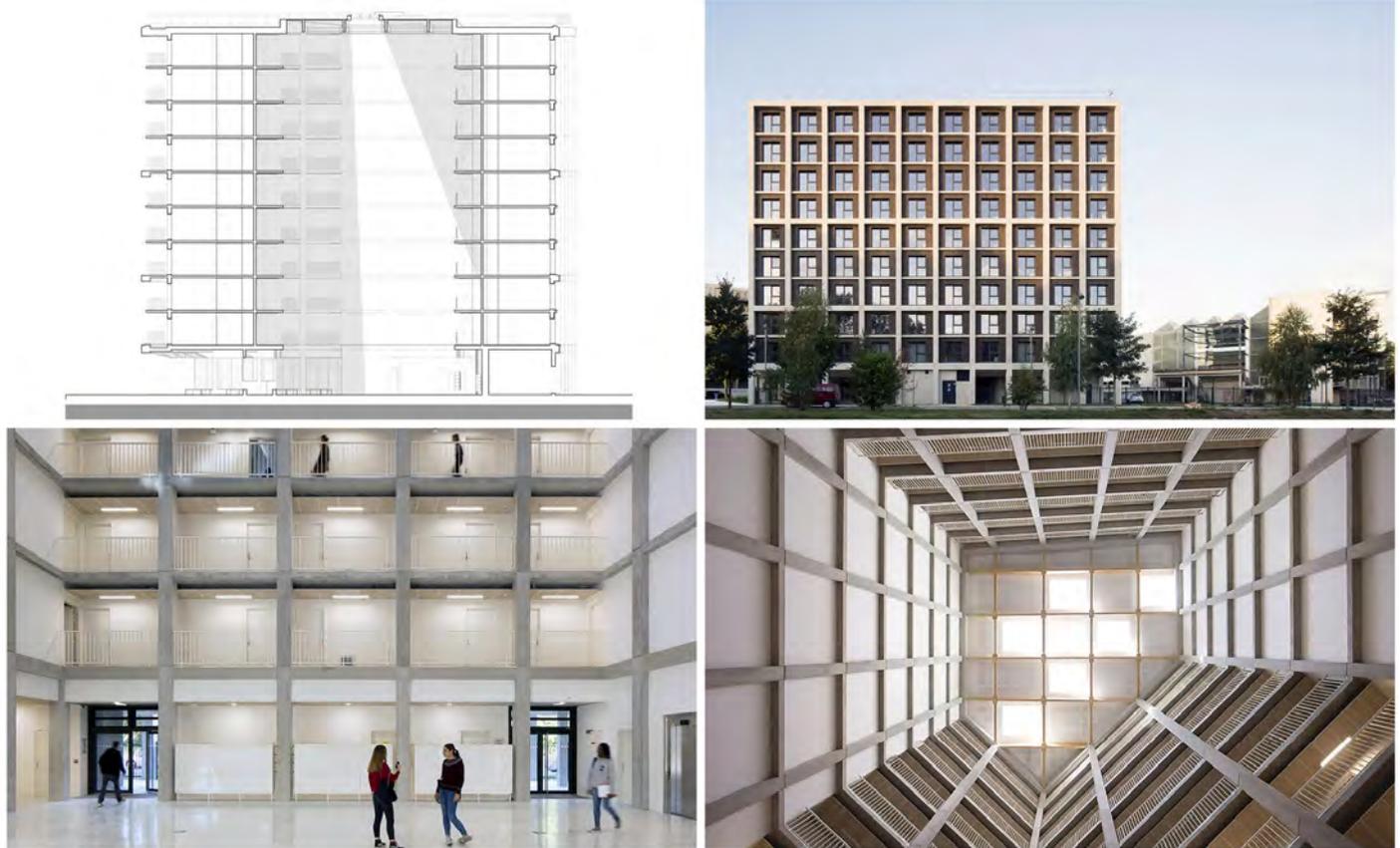


Fig. 4

“di strumento”, a scapito delle finalità proprie dell’architettura sociale e della ricerca di soluzioni condivise.

L’utilizzo della *informal socialization* come categoria interpretativa dimostra la necessità di un’interazione complessa tra nuovi mezzi digitali e realtà, per perseguire una consapevolezza progettuale che sappia prefigurare le ricadute vissute, percettive e relazionali da parte degli utenti, riaffermando una volta di più l’importanza di una visione multiscale e multidisciplinare del progetto.

Si tratta, altresì, di indicazioni rilevanti, anche in funzione del possibile aggiornamento dei vigenti dispositivi legislativi in materia di residenzialità studentesca⁵, nonché di altre forme di abitare sociale quali l’*elderly housing*, il *cohousing* e il *coworking*.

La ricerca, seppure in una fase iniziale, conferma dunque la natura discutibile del rapporto “architettura/digitalizzazione”, sottolineando il vero portato di questa interazione, come restituito dalle rassicuranti e incisive parole di Mike Mendelson: «*computers are not good at open-ended creative solutions; that’s still reserved for humans. But through automation, we’re able to save time doing repetitive tasks, and we can reinvest that time in design*»⁶.

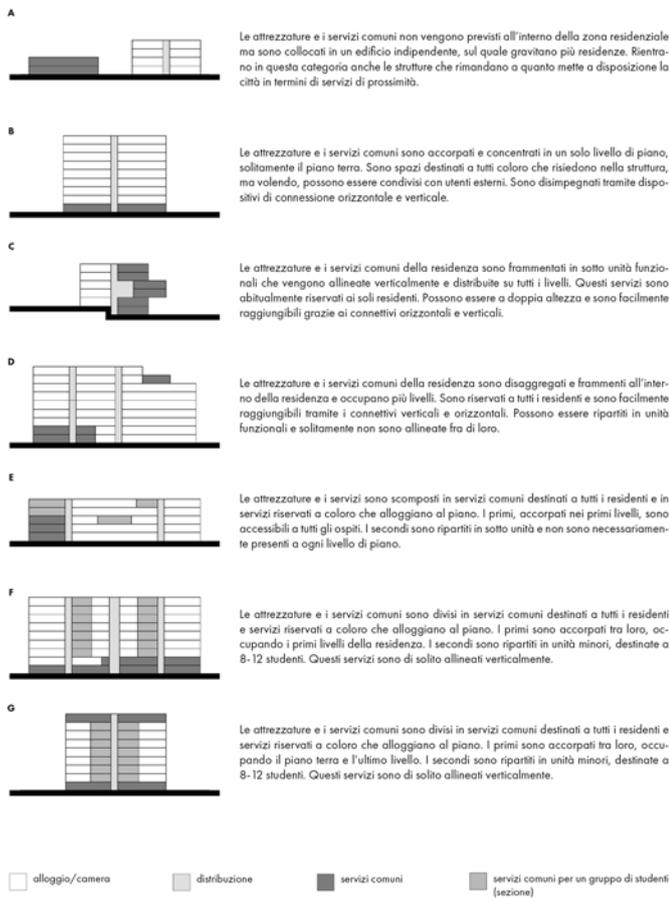
L’abitare da studenti richiede di progettare spazi per individui che, oltre a espletare necessità biologiche, pensano, si interrogano, provano sentimenti, si relazionano coscientemente con il mondo e con gli altri. Ciò richiede un impegno progettuale che va oltre gli aspetti meramente funzionali di digitalizzazione delle operazioni grafiche. Parlare di vivibilità di questi spazi significa comprenderne la portata in un quadro onnicomprensivo, dove la percezione psicologica, l’esperienza sensoriale, la correttezza ergonomica si fondono in un unico universo di compatibilità fisica, mentale e sociale.

References

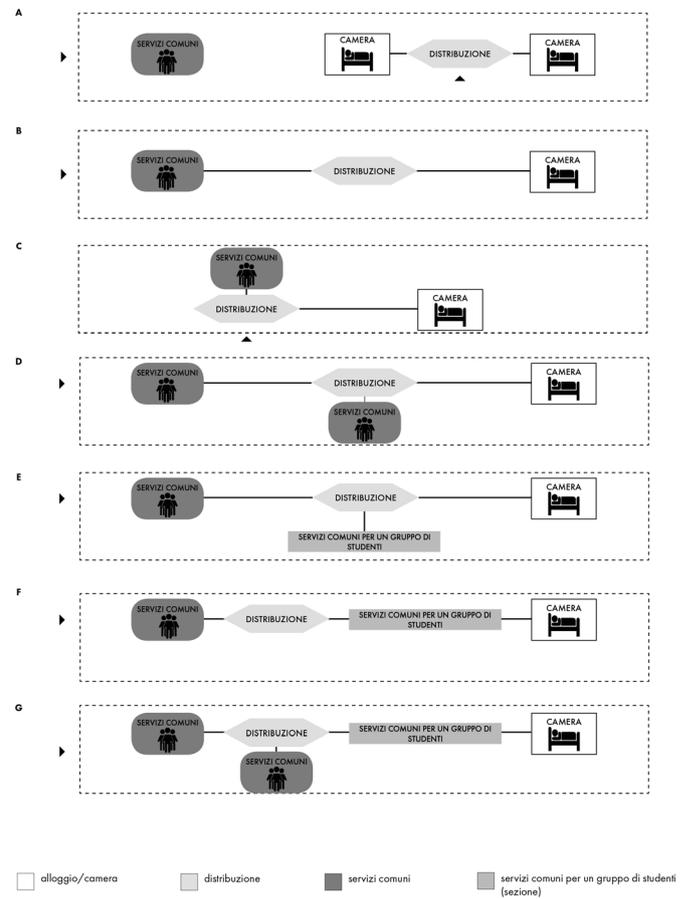
- Agnoletti, M., Boella, L., Derrick de K., Diamanti, I., Diamond, J., Moro, A., Rizzolatti, G. and Zoja, L. (2016), *Un mondo condiviso*, Laterza, Bari.
- Bellini, O.E. (2017), *Student Housing 1. Atlante ragionato della residenza universitaria contemporanea*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Bellini, O.E. (2019), *Student Housing 2. Il progetto della residenza universitaria nella città contemporanea*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Codarin, S. and Medici M. (2018), “Definition of innovative material scenarios through digitization processes”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol.16, pp. 308-316.
- Crespi, L., Schiaffonati, F and Uttini, B. (1985), *Produzione e controllo del progetto. Modelli organizzativi, tecniche decisionali e tecnologie per la progettazione architettonica*, FrancoAngeli, Milano.
- Crisogen, D.T. (2015), “Types of Socialization and Their Importance in Understanding the Phenomena of Socialization”, *European Journal of Social Sciences Education and Research*, vol. 2, (4), pp. 331-336.
- Del Nord, R. (2016), “Potenzialità dell’area tecnologica in tema di ricerca progettuale”, in Periccioli M. (ed), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano.
- Gardner, H. (1983), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, Basic Books, New York, NY
- Pierotti, P. (2020), “Tra architetti e ingegneri cadono le barriere delle professionalità”, *Il Sole 24 Ore*, 24 febbraio.
- Russo Ermolli, S and De Toro, P. (2017), “Process innovations for the digitalization of public procurement: synergies between BIM and multicriteria analysis”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 313-321.

⁵ Legge n. 338 del 14/11/2000 “Disposizioni in materia di alloggi e residenze per studenti universitari”.

⁶ cfr. <https://www.autodesk.com/redshift/machine-learning-in-architecture/>



Tab. 1



Tab. 2

Fig. 1 - Lundgaard & Tranberg Architects, Tietgen Dormitory, Copenhagen, Danimarca, 2005. Ogni livello di piano è diviso in cinque settori, ciascuno dei quali contiene 12 alloggi e relativi servizi dedicati. ©Jens M. Lindhe, ©Anders Sune Berg. Fonte: <https://www.ltarkitekter.dk/tietgen-da-0>, <http://tietgenkollegiet.dk/en/the-building/the-architecture/>

Fig. 2 - AART A/S, Bikuben Student Residence, Copenhagen, Danimarca, 2006. La pianta tipo è il risultato dell'unione di sezioni modulari, con 8 utenti per sezione, con servizi di pertinenza che si integrano a quelli generali comuni a tutti gli utenti. @ Wojtek Gurak. Fonte: <https://aart.dk/projekter/bikuben-kollegiet>

Fig. 3 - Architecture Research, Barbara Greenbaum House, Tulane University di New Orleans, Louisiana, 2014. Le ampie specchiature dei fronti e il moltiplicarsi dei connettivi orizzontali moltiplicano le opportunità di socializzazione informale. ©2020 Architecture Research Office. Fonte: <https://www.aro.net/tulane-university-barbara-greenbaum-house/>

Fig. 4 - Atelier Villemard Associés, Student Housing, Marne-la-Vallée, Francia, 2019. Il fulcro dell'intervento è costituito dalla grande piazza coperta che è stato pensato come un luogo di libertà, passaggio, incontri, trambusto. ©Clément Guillaume, ©Atelier Villemard Associés. Fonte: <https://divisare.com/projects/417067-atelier-villemard-associés-clement-guillaume-student-housing>

Tab. 1 - Modalità di organizzazione e distribuzione dei servizi all'interno delle residenze universitarie.

Tab. 2 - Ideogrammi concettuali relativi alle possibili organizzazioni dei servizi condivisi all'interno delle residenze universitarie.

LE REGOLE DELL'EVOLUZIONE

Claudia Chirianni¹

Abstract

Negli ultimi decenni, sulla base delle nuove conoscenze relative ai processi urbani e ai sistemi sociali, e all'imprevedibilità della loro evoluzione, ha guadagnato terreno nella ricerca architettonica l'idea di un'architettura evolutiva e adattativa, che accetta le inevitabili manipolazioni da parte degli utenti nel tempo. Quest'ipotesi implica una perdita di controllo sulla definizione formale dell'ambiente costruito. Tuttavia, un approccio computazionale alla progettazione ci permette di utilizzare i concetti di imprevedibilità e indeterminatezza all'interno del processo progettuale.

Keywords: Evoluzione, Architettura evolutiva, Sistemi complessi adattivi

¹ DiARC - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, claudia.chirianni@unina.it

Introduzione

Nel suo articolo "The Architectural Relevance of Cybernetics", pubblicato in *Architectural Design* 9 nel 1969, Gordon Pask, uno dei pionieri della cibernetica e della sua applicazione all'architettura, afferma: «*systems, notably cities, grow and develop and, in general, evolve [...] An immediate practical consequence of the evolutionary point of view is that architectural designs should have rules for evolution built into them if their growth is to be healthy rather than cancerous. In other words, a responsible architect must be concerned with evolutionary properties; he cannot merely stand back and observe evolution as something that happens to his structures*» (Pask, 1969, p.71).

Questa frase ben rappresenta il cambiamento radicale di metafora, in atto a partire da quegli anni, nel pensare città e società non come macchine ma come organismi e anticipa le nuove conoscenze relative alla città portate dalla scienza della complessità. Non solo, rappresenta anche un passaggio dall'idea di città come manufatto al pensare ad essa come un sistema che si evolve, cresce e cambia con modalità che potrebbero essere dirette e gestite ma difficilmente imposte con una pianificazione dall'alto (Batty, 2010).

Il primo passo verso questo cambiamento è rappresentato dal libro di Jane Jacobs *The Death and Life of Great American Cities* del 1961. Qui Jacobs fornisce una base concettuale per le sue argomentazioni definendo per la prima volta la città in termini di *complessità organizzata*, facendo propria la definizione postulata dal matematico Warren Weaver nel 1948: le idee circa la complessità nella scienza erano nuove all'epoca, e Jacobs ha prontamente realizzato la loro importanza per la comprensione delle città attraverso la sua fortunata associazione con la teoria formulata da Weaver (Bettencourt, 2013). In questo modo ha identificato nel confine tra totale ordine (meccanico) e totale disordine (caotico), cioè laddove è possibile la vita biologica, il campo proprio del problema urbano. Non è un caso infatti che questo testo abbia influenzato fortemente gli studiosi di sistemi complessi ed abbia aiutato ad individuare nella città un esempio di sistema complesso adattivo.

Tale sistema, che cresce e muta continuamente in modo non prevedibile, è sua volta costituito da sistemi in co-evoluzione, le cui trasformazioni nel tempo sono determinate da interazioni locali dei singoli agenti che li compongono: «*Instead of an urban system being describable in terms of some overall optimization*

principle concerning equilibrium relations of morphology and flows, we see instead that it is driven by the decisions and choices of the multiple agents that are involved in decision making. These in turn are affected by their perspectives, understandings and aims. Some are micro-agents, choosing where to live and work, while others operate at a higher level deciding on changes to transport infrastructure or the location of a large organization» (Allen, 2012).

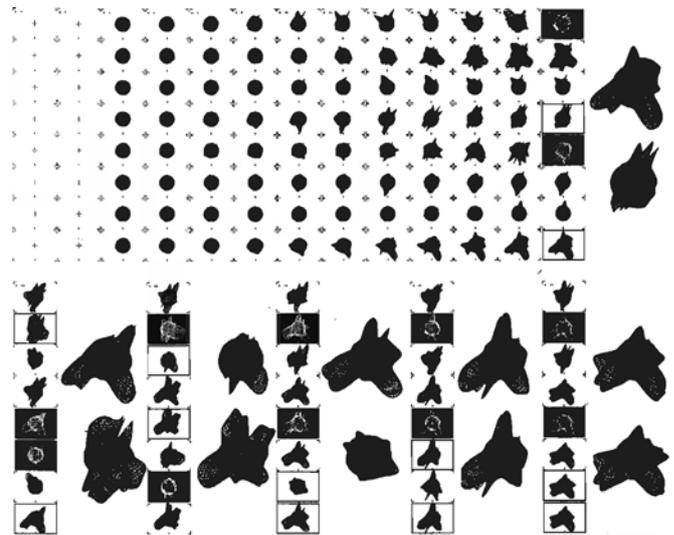


Fig. 1

Architettura e evoluzione

Uno dei modi in cui è stata indagata l'idea di architettura evolutiva è attraverso l'analogia con i meccanismi evolutivi dei sistemi biologici. La prima sistematizzazione di questi principi è ad opera di Christopher Alexander che nel 1964 pubblica *Notes on the Synthesis of Form*, in cui vengono trasposte le idee di D'Arcy Thompson in architettura. Tuttavia è in "Evolutionary Architecture" di John Frazer (1995) che troviamo la più chiara esplicitazione delle questioni che riguardano questo approccio.

In questo libro Frazer propone un'idea di architettura che, al pari del mondo naturale, sia in evoluzione, soggetta ai principi di morfogenesi, codifica genetica, replica e selezione (Frazer, 1995). L'obiettivo è il raggiungimento, nell'ambiente costruito, del comportamento simbiotico e dell'equilibrio metabolico, tipi-



Fig. 2

ci dell'ambiente naturale, tra forma generata e ambiente: «*Our architecture is a property of the process of organizing matter rather than a property of the matter thus organized. Our model is, at any given time, the expression of an equilibrium between the endogenous development of the architectural concept and the exogenous influences exerted by the environment*» (Frazer, 1995, p.103).

I concept architettonici vengono, in quest'ottica, espressi come regole generative attraverso l'uso di algoritmi genetici in modo tale che la loro evoluzione possa essere testata in un ambiente simulato. Il computer viene pertanto utilizzato come «acceleratore evolutivo»: «*“Imaginative use” in our case means using the computer - like the genie in the bottle - to compress evolutionary space and time so that complexity and emergent architectural form are able to develop. The computers of our imagination are also a source of inspiration - an electronic muse*» (Frazer, 1995, p.18).

Tuttavia, gli algoritmi genetici, che si ispirano al modello evolutivo darwiniano basato sulla selezione naturale e sono stati sviluppati per risolvere problemi di ottimizzazione, non sembrano essere i più adatti a essere utilizzati per i problemi dell'architettura, soprattutto quelli relativi a questioni sociali e culturali. Steadman, nel suo libro «*The Evolution of Designs*» (1979), parla di «errore biologico» nell'architettura, in riferimento alle conseguenze che derivano dall'errata proposizione secondo cui l'evoluzione della cultura umana nel suo insieme sia un processo direttamente paragonabile all'evoluzione degli organismi attraverso la variazione e la selezione naturale (Steadman, 1979, p.179). Steadman chiarisce la differenza tra evoluzione organica ed evoluzione culturale attraverso la differenza tra le teorie darwiniana e lamarckiana dell'evoluzione: «*the theory of Darwin, using Lederberg's terms, is an “elective” theory of evolution, where the environment chooses appropriate changes in organisms from the range offered by variation. Lamarckism is an “instructive” theory, where the environment is imagined to be able to exercise a direct effect on organisms, and to “teach” them to change themselves in appropriate ways*» (Steadman, 1979, p.180).

Pertanto, un manufatto culturale quale è l'architettura non può essere soggetta alla definizione darwiniana di evoluzione. Inoltre la definizione stessa di sistema complesso ci dice che, in virtù della non linearità dei rapporti tra i vari parametri contestuali (ambientali, sociali e culturali) che caratterizzano l'ambiente costruito, i suoi comportamenti sono non solo difficili da prevedere nel lungo termine ma anche da modellare. Questa difficoltà, del resto, è menzionata da Tim Jachna nel poscritto dello stesso libro di Frazer: «*the context into which a designed object is introduced consists of microstates of a virtual infinity*

of unsimulatable systems, each of which is unpredictable in behaviour and affected by the equally unpredictable behaviour of the others. Design may be seen as a process, but the moment of the intrusion of its product into the world is one of the ill-prepared abruptness and violence» (Jachna, 1995, p.109).

Il problema fondamentale quando si lavora su modelli di questo tipo è capire che tipo di sistema è l'ambiente costruito e che analogie con altri sistemi biologici possono spesso essere devianti.

«*Cities are natural systems that evolve spontaneously in human societies under very general circumstances, whenever there are open-ended advantages to human sociality across scales. In this sense they are as natural as beehives or coral reefs, and should not be thought of as arbitrary human artifacts to be re-designed at will. At the same time, they are a different kind of complex system from other more limited forms of social organization in nature and can be, in fact, immensely more complex in the many forms of information they can embody and generate*» (Bettencourt, 2013).

Non si tratta però solo di comprendere che la complessità di una città o di una società umana non può essere assimilata a società semplici come quelle degli insetti, ma anche che i modelli che descrivono quei comportamenti sono ancora più semplici dei sistemi stessi in quanto le descrizioni scientifiche di fenomeni non catturano pienamente la realtà ma sono, appunto, solo modelli. Mentre l'arte dello scienziato risiede proprio nel capire cosa includere nel modello e cosa escludere, e quest'abilità permette alla scienza di fare previsioni utili senza impantanarsi a causa di dettagli intrattabili (Ball, 1999, p.14), i problemi di progettazione sfidano questo tipo di riduzionismo: «*the reductionist methods extant in the sciences can become a threat by tending to exclude from our consideration the actual methods and domains that designers use and work in, and that researchers most need to set about accounting for in terms of a sufficiently rich theoretical framework. When we locate design activity in [...] polydimensional and essentially sociocultural contexts [...], it should be clear that that kind of epistemology cannot be made to account for the facts. Design is a socially mediated activity, essentially so, and this accords with an epistemological approach which explicates all forms of vocabulary-including that of design-as socially grounded in, Wittgenstein would say, our “forms of life”*» (Liddament, 1999, p.55).

Evoluzione e trasformazioni sociali

Come abbiamo visto, la scienza della complessità ci dice che la città è espressione di processi *bottom-up* sostanzialmente spontanei che la pianificazione tradizionale non riesce di fatto a

governare. Se da un lato però è facile riconoscere il fallimento di quest'ultima soprattutto nelle nostre periferie, dall'altro è ovvio chiedersi se una crescita "spontanea" non darebbe vita ad un'incontrollabile e indefinita proliferazione di slums. Qual è allora il ruolo del progettista in questa prospettiva?

«For those involved in planning practice it may look like the complex systems perspective on the spatial city leaves too much unspecified. [...] That planning should leave many of these choices unspecified, to be developed locally by individuals, organizations and communities, is an altogether more radical statement. However, both urban history and fundamental scientific concepts about how complex systems are created and evolve suggests just that» (Bettencourt, 2013). Sembrerebbe dunque che le capacità evolutive dell'architettura risiedano nel mantenere un certo livello di indeterminatezza che permetta agli abitanti di "appropriarsi" della stessa. Ciò sta a significare che i progettisti dovrebbero assumersi, come notava Pask, la responsabilità dell'evoluzione delle loro opere, cioè della loro capacità di co-evolvere con l'ambiente circostante, e delle inevitabili trasformazioni che queste subiranno nel tempo sulla base di mutate situazioni e esigenze (Fig. 2).

Il progetto dovrebbe dunque essere finalizzato non a produrre un oggetto finito ma piuttosto a innescare una processualità che accoglie e beneficia della creatività della comunità che il progetto stesso ospiterà. Un progetto, quindi, non più prescrittivo ma mirato ad orientare l'evoluzione spontanea del sistema città, che fa della flessibilità e dell'indeterminatezza i punti di forza di una progettazione aperta e condivisa.

Come De Carlo aveva affermato con grande anticipo sui tempi: «Non si tratta soltanto di esigenze pratiche, ma anche di esigenze creative. Un'opera di architettura, oltre a migliorare le condizioni materiali dei suoi destinatari, deve essere un supporto al loro bisogno di comunicare rappresentando sé stessi. Perciò la struttura dell'opera deve essere congegnata in modo da consentire continui adattamenti e sempre nuove trasformazioni, che possano sostanzarsi col progetto come veri e propri prolungamenti del progetto» (De Carlo, 2015, p.71).

In questa prospettiva un esempio di architettura evolutiva può essere considerato il progetto di Elemental *Quinta Monroy* (Figg. 3, 4) in cui la stessa comunità ospitata viene chiamata a completare il progetto. La cosa interessante qui è che le possibili manipolazioni degli utenti non sono indiscriminate, ma avvengono all'interno di un sistema di regole definite dalla struttura stessa: lo spazio tra i blocchi è naturalmente chiamato ad accogliere gli interventi di ampliamento. Possiamo dire che le regole evolutive sono implicite nella struttura compositiva dell'opera.

L'approccio computazionale alla progettazione, che ha permesso l'appropriazione dei concetti di interazione, *feedback* e processualità in ambito architettonico, sembra poter offrire un contributo fondamentale a una modalità creativa di questo tipo che si fonda proprio sull'interazione (imprevedibile) tra opera e utente. Questo approccio infatti, operando al livello fondamentale della struttura compositiva dello spazio, definisce uno o più insiemi interconnessi di regole che descrivono altrettante possibili strategie compositive immanenti nella logica sistemica del progetto stesso. Attraverso l'uso di sistemi interpretabili (codice) il progettista dà vita a processi *rule-based*, ossia basati su una serie di istruzioni o regole, che orientano (ma non prescrivono) la creazione e lo sviluppo di sistemi generativi.

Conclusioni

A fronte di quanto detto si deduce che, nel particolare ambito della ricerca architettonica, un processo progettuale volto alla

definizione di un sistema aperto di relazioni piuttosto che un oggetto in sé concluso possa portare a più elevate capacità di adattamento e co-evoluzione con l'ambiente (sia fisico che sociale). Il design computazionale offre ottime possibilità di ricerca su questo genere di tematica e molta ne è già stata fatta. Tuttavia l'idea di interpretare l'evoluzione dell'architettura per analogia con quella naturale non sembra essere la risposta più efficace. Le trasformazioni sociali e culturali che interessano l'ambiente costruito rispondono infatti a leggi molto diverse: sono più complesse e pertanto difficilmente simulabili. Un'architettura propriamente evolutiva dovrebbe essere in grado di misurarsi con l'imprevedibilità di queste trasformazioni. Il vantaggio di un approccio computazionale all'architettura, in questo senso, risiede nel fatto che può lavorare sul suo sistema di regole interne, determinando i vincoli e le possibilità di trasformazione atti a orientare le manipolazioni dei suoi abitanti.

References

- Allen, P.M. (2012), "Cities: The Visible Expression of Co-evolving Complexity", in Portugali, J., Meyer, H., Stolk, E., Tan, E. (ed), *Complexity Theories of Cities Have Come of Age. An Overview with Implications to Urban Planning and Design*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp.67-90.
- Ball, P. (1999), *The Self-Made Tapestry, pattern formation in Nature*, vol. 108, Oxford University Press.
- Batty, M. (2010), "Complexity in City Systems: Understanding, Evolution, and Design", in de Roo, G. and Silva, E.A. (ed.), *A planner's encounter with complexity*, pp. 99-122.
- Bettencourt, L. (2013), "The Kind of Problem a City Is", in Offenhuber, D. and Ratti, C. (ed.), *Die Stadt Entschlüsseln: Wie Echtzeitdaten Den Urbanismus Verändern: Wie Echtzeitdaten den Urbanismus verändern*, Bauverlag, Berlin, pp. 175-187.
- De Carlo, G. (2015), *L'architettura della partecipazione*, Quodlibet Habitat, Macerata.
- Frazer, J. (1995), *An evolutionary architecture*, Architectural Association, London.
- Jachna, T. (1995), "Postscript", in Frazer, J. (ed), *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association, London, pp.106-117.
- Liddament, T. (1999), "The Computationalist Paradigm in Design Research.", *Design Studies*, vol. 20, (1), pp.41-56.
- Steadman, P. (1979), *The Evolution of Designs: Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Weaver, W. (1948), "Science and Complexity", *American Scientist*, vol. 36, pp. 536-544.



Fig. 3



Fig. 4

Fig. 1 - Version Matrix Created by Genetic Algorithm, Ichiro Nagasaka, 1992. Esempio di lavoro degli studenti dell'Emergent Design Group presso l'Architectural Association di Londra. Fonte: John Frazer, *An Evolutionary Architecture*, p.79

Fig. 2 - Le Corbusier, Villa Besnus, 1922-2010.

Fig. 3 - Elemental, Quinta Monroy, Chile, 2003. Le unità originali costruite da Elemental, progettate per essere completate dai residenti.

Fig. 4 - Elemental, Quinta Monroy, Chile, 2003. Espansioni alle unità originali completate dai residenti.

STRATEGIE DI INTERACTIVE-ADAPTIVE-SURFACES PER L'HABITAT URBANO

Cristiana Cellucci¹

Abstract

Se l'antropocene ha decretato l'attività umana come principale fattore di trasformazione della biosfera, l'ascesa della cibernetica e del suo processo di apprendimento dai fattori biotici e abiotici, comporta un nuovo ruolo dei sistemi progettati come interfacce bio-interattive-adattive tra uomo e natura. Il passaggio dalla Responsive alla Interactive Architecture suggerisce una serie di ricadute dell'upgrade tecnologico alle varie scale d'azione attraverso l'interazione tra Interactive-Adaptive-Surfaces e le componenti ecologiche, sociali, tecniche ed economiche dell'habitat urbano.

Keywords: Antropocene, Cibernetica, Architetture adattive, Architetture interattive, Interactive-Adaptive-Surfaces

¹ PDTA - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, cristiana.cellucci@gmail.com



Fig. 1

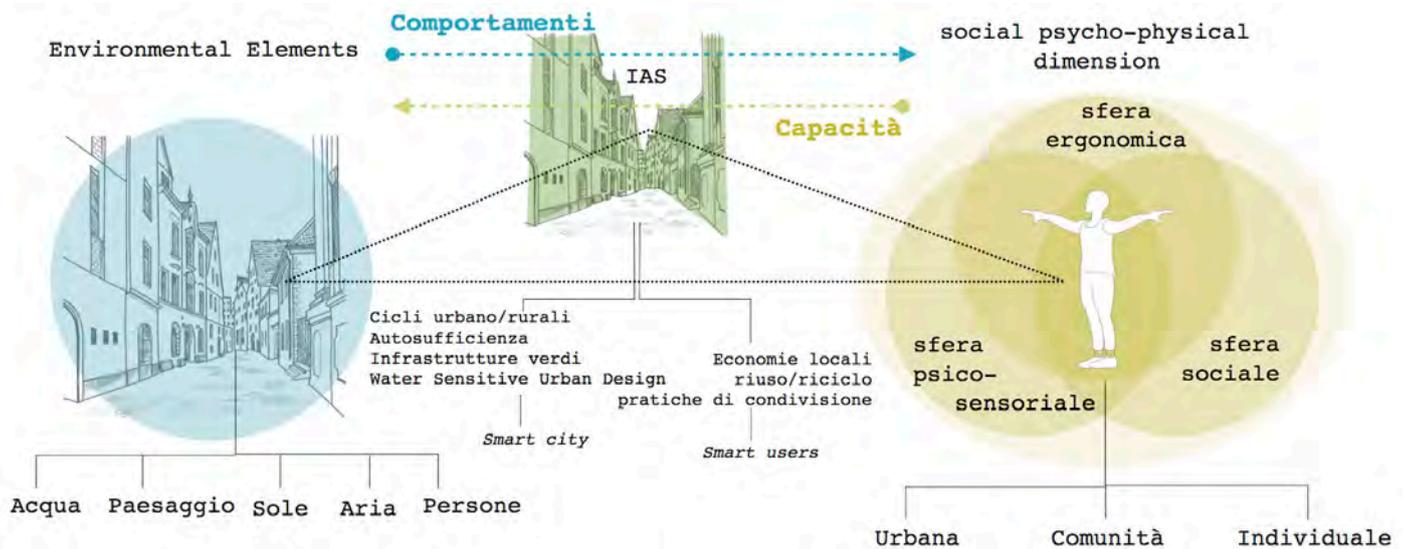


Fig. 2

Nuovi ibridi architettonici: natura-tecnologia-cultura

L'attuale livello di ubiquità dell'azione umana sulla natura e sui suoi processi ha portato i geologi a riconoscere una nuova era geologica: L'antropocene. Nel 2000 il biologo Eugene F. Stoermer e il chimico vincitore del premio Nobel, Paul Crutzen, hanno sostenuto il passaggio dall'attuale ciclo geologico olocene all'antropocene (dal greco *anthropos* che significa "essere umano", e *kainos* "recente, nuovo") dimostrando come gli esseri umani sono diventati un fattore geologico misurabile nella storia della terra. Il clima, gli oceani, la biodiversità, le foreste, i deserti sono oggi prodotti dall'azione umana, per cui il processo dialettico di mutuo condizionamento e formazione tra condizione e intorno umano di cui parlava Maldonado, sembra oggi squilibrato sulla capacità dell'azione umana di alterare e condizionare tali processi. I principi di artificialità (stati di disordine creati dall'uomo) stanno sostituendo i principi di conservazione naturale (stati apparentemente ordinati) producendo ambienti, architetture, ecologie, società e culture antropocentriche (Figg. 1, 5).

Questa visione ha prodotto nell'ambito dell'architettura due tipi di movimenti, i naturalisti e i conservazionisti che, se pur diversi, condividono approcci antropocentrici nelle relazioni società-natura, architettura-contesto, costruzione-gestione (Næss, 1999):

- I primi si occupano di conservare specie vegetali e animali dall'azione umana e sostengono la separazione delle aree selvagge dalle quelle civili (Sijmons, 2014). La difesa delle prime dalle seconde trova espressione nel costruire separati dal contesto (da un lato il contesto-natura e dall'altro la società-architettura) e nella difesa – all'interno delle città - del "terzo paesaggio" di G. Clement (o concetti simili di *Subnature* di D.Giessen, *Anxious Landscapes* di A. Picon, *Corrupted Biotopes* di F.Roche) come unico frammento rimanente del *jardin planétaire*, unico rifugio della biodiversità terrestre e in ultima analisi testimonianza del nostro futuro biologico.
- I secondi occupandosi dell'uso efficiente delle risorse naturali, tentano un uso corretto della natura nell'interesse dell'umanità, giustificata da una gestione intelligente e informata dell'ambiente da parte dell'uomo. Costruire come parte del contesto (luogo e tempo) è diventato parte dei principi di progettazione dell'architettura postmoderna. (Glow, 1992)

Il primo approccio considera dunque la natura come bellezza

arbitraria e il secondo come qualcosa da sfruttare in modo da farla durare il più a lungo possibile.

Un terzo approccio consiste nel considerare gli esseri umani come parte dell'ecosistema (Latour, 1993). Questa filosofia olistica concepisce l'universo come un organismo e il lavoro dell'architettura come un'operazione organica. Da un lato l'atroposviluppo è diventato oggi un fenomeno pervasivo che ha prodotto conseguenze ambientali (interruzione dei cicli delle acque e dei rifiuti, erosione del suolo), economiche (si sono squilibrati i rapporti città - componente rurale, anestetizzati i fattori endogeni di sviluppo, persi i valori rigenerativi della manutenzione edilizia, interrotti i processi di sviluppo endogeni) e sociali (perdita dei caratteri identitari). Dall'altro lato la "tossicità" e "artificialità" sono diventate una parte "naturale" del nostro ambiente; al punto che «per la prima volta nella storia del mondo, ogni essere umano è ora sottoposto al contatto con sostanze chimiche pericolose, dal momento del concepimento fino alla morte» (Buell, 1962) mettendo in crisi il pensiero moderno di separazione tra sistemi artificiali (architettonici) e naturali (paesaggistici).

Secondo questo approccio, non solo, la natura (nella sua eccezione mitica di purezza) è morta, ma è stata sostituita da un "collettivo" società-natura, un ibrido, in cui tutto ciò che è "naturale" è dotato di un corrispettivo "culturale" e viceversa. Come scrive Latour (1993) «viviamo in un mondo di "ibridi" e di "collettivi" in cui ogni balena è dotata di un sistema GPS, che è quindi collegato a un ricercatore, che appartiene a un'università, che si trova in uno stato [...] abbiamo mais ibrido, pecore clonate, germi *killer*. Non c'è nulla di puro in natura». Per cui, l'antropocene, sia come approccio teorico che come condizione materiale, ha messo in luce la necessità di ripensare l'ambiente e l'ambientalismo nell'architettura al di là della logica binaria riduttiva di contrapposizione tra cultura-società e natura-ambiente, lasciano il posto a un approccio ecologico in cui queste componenti un tempo separate appaiono come co-costruite. L'interesse, nel mondo scientifico, per gli ibridi è parallelo all'ascesa e al progresso della tecnologia digitale che ha reso più semplice la simulazione visiva della complessità naturale. Imitare i sistemi e i processi della natura usando la nuova tecnologia, la cibernetica, è la nuova tecnica degli "edifici bio-adattivi-interattivi" espressione di una nuova fase ecologica moderna, un post-antropocene o novacene¹ che istaura una relazione dinamica continua tra materia, energia e informazione in un mezzo specifico che è l'ambiente.

L'ascesa della tecnologia informatica, attraverso un proces-

¹ Coniato da Lovelock nel 2020 in *Novacene. L'età dell'iperintelligenza*.

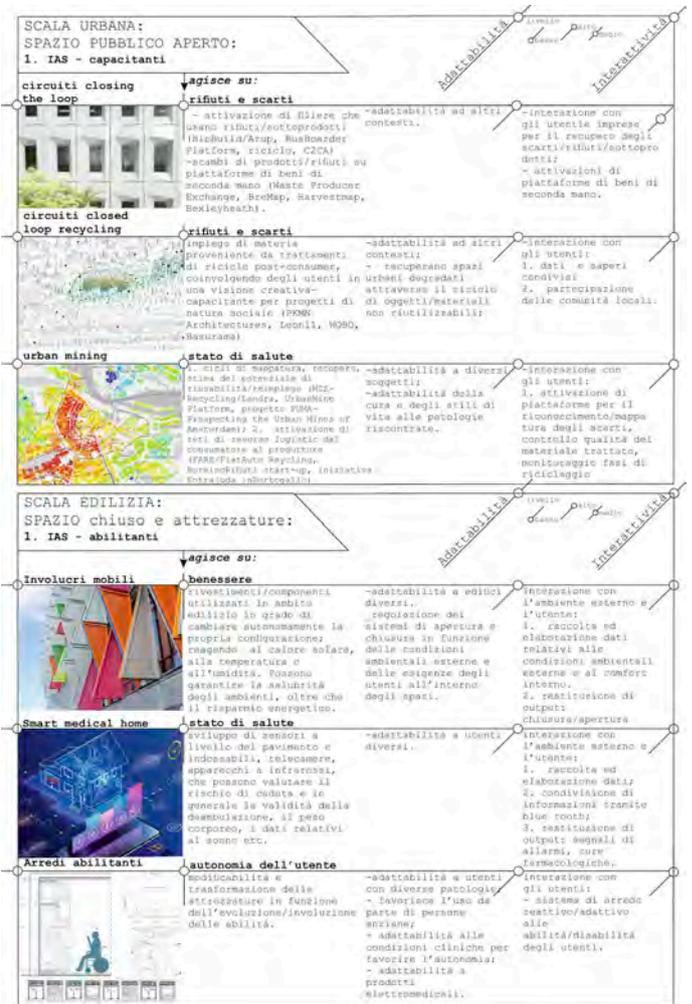
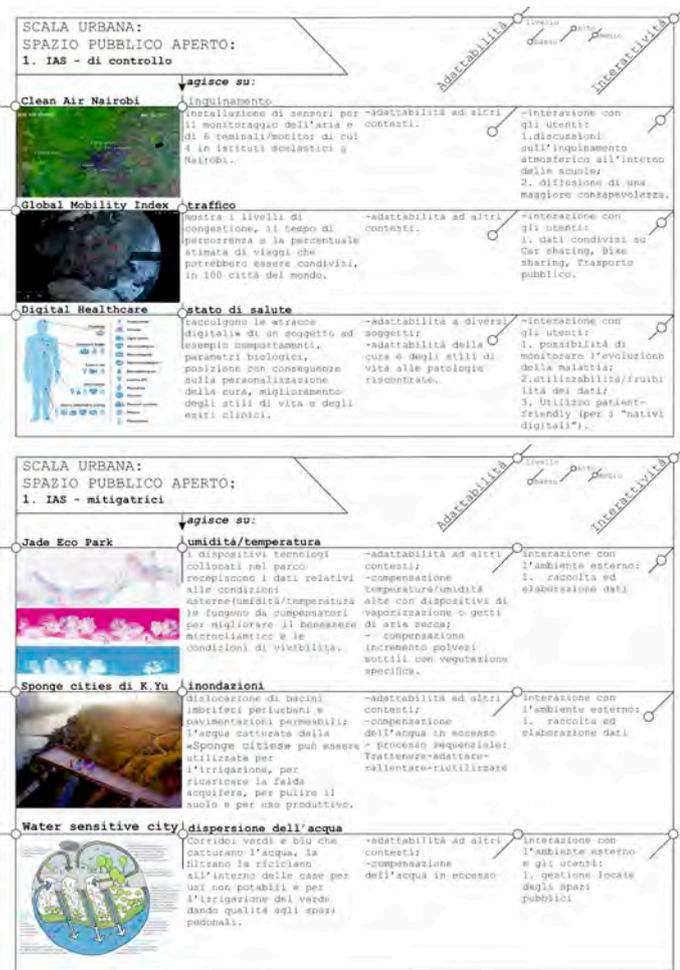


Fig. 3

Fig. 4

so evolutivo di apprendimento dai sistemi ecologici e biologici (capacità cognitive, sensoriali e interattive attraverso meccanismi di *feedback*) comporta un nuovo ruolo dei sistemi progettati intesi come interfacce bio-interattive-adattive tra uomo e natura.

Dai sistemi reattivi ai sistemi interattivi

Il post-antropocene è a tutti gli effetti “un antropocene urbano” (Swilling and Hajer, 2016) essendo questo il contesto più fragile, in cui l’interazione uomo-natura può essere reinterpretata come progettazione di “sistemi-organismi” che non sono più forma/essenza, ma il prodotto delle interazioni tra utenti/ sistemi progettati/fattori contestuali e o ambientali².

Le finalità del processo progettuale sono rivolte, pertanto, al progetto di interfacce fisiche/cognitive, intese come luoghi di interazione funzionale tra l’uomo, i sistemi e l’ambiente. Le interfacce progettuali hanno una dimensione interattiva che procede per successive approssimazioni, tra un orizzonte esterno (i rapporti dell’oggetto con le proprie parti costituenti e con il suo ambiente contestuale) e un orizzonte interno (tutte le sue determinazioni in relazione all’uomo).

In questo flusso di capacità percettive, cognitive e fisiche (dall’utente verso il contesto) e di risposte in termini di comportamenti d’uso attivo, passivo e sociale (dal contesto verso l’utente), ogni sistema progettato è considerato una protesi (dell’uomo e del contesto) che attraverso l’*upgrade* della robotizzazione e dell’informatizzazione può migliorare le interazioni uomo - sistemi progettati - ambiente. L’oggetto della progettazione si

configura come sistema bio-interattivo-adattivo a supporto dei fattori biotici e dei fattori abiotici (Fig. 2).

Poiché i sistemi naturali si evolvono continuamente per soddisfare i cambiamenti dei contesti, le interfacce bio-interattive-adattive trovano nella natura una fonte d’ispirazione per generare “organi” (singoli prodotti) o “organismi” (sistemi e processi) secondo un processo evolutivo di raccolta - elaborazione di *feedback*, necessario per adattare “organi” e “organismi” all’ambiente (Royall, 2010). Tale processo evolutivo non si limita all’imitazione della natura ma tenta di incorporare le capacità cognitive sensoriali interattive della componente vivente del mondo naturale. La nuova cibernetica, imitazione dei fattori biotici e abiotici costituisce l’*upgrade*, prossimo futuro, degli “edifici bio-interattivi-adattivi”.

Il passaggio dall’imitazione all’interazione ha comportato l’evoluzione dei sistemi reattivi in sistemi interattivi, e in architettura il passaggio dalle *Responsive Architectures* alle *Interactive Architectures*. La capacità dei sistemi reattivi di reagire a impulsi emanati da remoto è appresa attraverso l’imitazione dei processi della natura e trova una trasversale applicazione nel mondo scientifico. Si pensi all’*Ant Colony Optimization* dello scienziato M.Dorigo, un algoritmo che si ispira al comportamento delle colonie di formiche per risolvere problemi di ottimizzazione matematica; alla sviluppo in ambito medico della robotica sempre più tesa a perfezionare protesi tecnologiche capaci di sopperire le perdite umane di abilità; alle sperimentazioni americane su imbarcazioni capaci di intraprendere offensive militari in maniera autonoma e decentralizzata.

2 Kant in *Critica della ragion pura*, osserva che architettonica è l’arte del sistema, intendendo per sistema “l’unità di molteplici conseguenze raccolte sotto forma di un’idea”; C. Alexander parla di sistemi che sono “sistemi di sistemi di sistemi”; infine Ciribini (1984), in *Tecnologia e progetto*, definisce il prodotto finito come sistema-organismo costituito da sottosistemi tra loro interconnessi.

Nell'ambito dell'architettura, le *Responsive Architectures*, sono interfacce adattive all'evoluzione delle esigenze degli utenti e alla mutevolezza dei contesti, capaci di misurare le condizioni ambientali reali (tramite sensori) e in funzione di esse adattare la propria forma o caratteristiche in modo reattivo (Wigginton, 2002) incorporando tecnologie intelligenti negli elementi chiave del tessuto edilizio.

L'evoluzione dalla "reazione" alla "interazione", si ha nel momento in cui il processo di imitazione investe il fattore umano e si passa dalle *machine learning* alle *deep learning*. Si pensi alla trasformazione *high-tech* degli ospedali che travolge il processo diagnostico, l'elaborazione delle cartelle cliniche, la comprensione della salute del paziente sostituendo il fattore umano (progetto Da Vinci, FH Wiener Neustadt); alla *computer vision* e agli esperimenti di laboratorio per dotare i computer di una visione artificiale (programma AlphaGo). In ambito architettonico le *Interactive Architectures* sono oggetti e spazi che hanno capacità di soddisfare le mutevoli esigenze rispetto all'evolversi delle esigenze individuali, sociali e ambientali. A differenza delle prime – capaci di "reagire" a degli *input* inviati dal contesto attraverso degli "output" – le seconde fanno interagire le persone con l'architettura. L'edificio interattivo si adatta all'ambiente e ai bisogni umani e allo stesso tempo cambia il comportamento dell'utente. L'apparato informatico fonde naturale e artificiale in un nuovo ibrido in cui le persone non sono "utenti" ma "partecipanti" e gli spazi-oggetti sono sistemi tecnologici capaci di trasformare sia l'utente che se stessi (Silva, 2005).

Prospettive future e livelli di azione

Nell'ambito progettuale, l'applicazione di sistemi progettati come interfacce protesiche-interattive-adattive tra utente e ambiente può trovare applicazione e ricadute, alle varie scale di azione, attraverso soluzioni di *Interactive-Adaptive-Surfaces* (IAS) che interagiscono con le componenti ecologiche, olistiche, sociali, tecniche ed economiche dell'habitat urbano³ (Figg. 3, 4).

A livello dello spazio pubblico aperto, la necessità di riattivare la tradizionale alleanza tra componenti umane e naturali come forze co-agenti, comporta la necessità di strategie di riequilibrio tra densificazione ed ecologizzazione urbana. In questo ambito le IAS dello spazio pubblico possono configurarsi come sistemi:

- di controllo del benessere psico-fisico dell'utente attraverso lo sviluppo di sensori che monitorano l'aria (Clean Air Nairobi, Global Mobility Index programs) o il nostro stato di salute (dispositivi portatili o integrati nel contesto urbano). Un contesto, dunque, "sensibile" e "senziente" attraverso il quale valutare le condizioni di salute e sicurezza che la città è in grado di offrire ai suoi abitanti.
- mitigatrici dei potenziali impatti dei cambiamenti climatici attraverso soluzioni integrate di infrastrutture verdi (*constructed ground, mat urbanism, drosscape, thick infrastructure, field operations, machine landscape e synthetic surfaces*), sistemi olistici di *Water Sensitive Urban Design* e sistemi digitali di *Empowerment by Design* (acquisizioni di capacità e saperi per la formazione di comunità resilienti) per compensare gli effetti eccedenti le capacità prestazionali dell'ambiente costruito attraverso meccanismi di assorbimento delle polveri sottili, di stoccaggio e drenaggio dell'acqua piovana, di compensazione dell'irraggiamento, di alterazione dell'albedo delle superfici etc.
- capacitanti o socio-tecnologico-reattivi alle condizioni di

benessere-sociale. Modelli insediativi che associano strategie di densificazione con un nuovo pensiero olistico che produca riusi, ricicli ed evoluzioni creative. Un "capitalismo 4.0" (Kaletsky, 2010) che generi una "next economy" ottenuta dall'integrazione tra energie rinnovabili e economia circolare, capace di produrre nuovo valore dai processi produrre nuovo valore dai processi/re-ciclici del nuovo metabolismo urbano. La crescita di ibridi "natura-società" urbani può essere supportata dalla tecnologia digitale, nell'offrire strumenti operativi per generare attività economiche e reddito secondo un modello evolutivo di servizio (*startup*, azioni dei *makers*, creatività della *circular economy*) frutto non di una singola azione umana ma di un'intelligenza collettiva attraverso la messa in rete del capitale umano.

A livello dello spazio chiuso e a livello dell'oggetto, la relazione "uomo-sistema degli oggetti e degli spazi" comporta riflessioni sulla qualità degli oggetti costruiti in funzione delle esigenze umane. All'interno di questo livello, il sistema di attrezzature, affinché assuma un ruolo di IAS deve essere in grado di abilitare/disabilitare le capacità funzionali della persona in relazione alle loro capacità residuali, attraverso l'osservazione dei gesti e incorporando intelligenze computazionali in tutto ciò con cui gli utenti vengono in contatto. L'onnipresenza informatica dell'*Intelligence Room* di M. Coen (1997) potrebbe trovare applicazione nello sviluppo di proficue interazioni tra cibernetica e persone facendo leva sulla capacità degli oggetti e degli spazi progettati di garantire prestazioni che siano di aiuto e supporto alle funzionalità residue dell'utente. Questo approccio se applicato a livello dello spazio progettato comporta riflessioni sull'organizzazione spaziale e sull'apparato tecnologico che incidono sull'usabilità dello stesso, a prescindere dalla dimensione del corpo, dalla postura e della capacità di movimento. Questo livello riguarda la scelta di soluzioni spaziali e tecnologiche capaci di garantire la riconoscibilità dello spazio attraverso la facilità di modificabilità nel tempo in relazione alla variabilità delle esigenze funzionali e psicologiche. L'obiettivo principale è quello di controllare gli ambienti interni attraverso un sistema di attrezzature/arredi reattivi. In questo ambito diversi studi sono incentrati nel definire spazi adattabili attraverso soluzioni domotiche, involucri mobili flessibili (Wigginton and Harris, 2002) o strutture intelligenti (le strutture *Actuated Tensegrity* di T. d'Estree Sterk) che cercano nuove relazioni tra "edificio" e "uso" attraverso il filtro di sensori e attuatori. Le IAS potrebbero concretizzare l'utopia della "terza pelle" che si aggiunge alla pelle organica e agli abiti, non più rigida e intransigente ma modellata rispetto alle esigenze, ai desideri di chi la abita.

References

- Buell, L. (1998), "Toxic Discourse", *Critical Inquiry*, vol 24., (3), pp. 639-665.
 Glow, M. (1992), *Alienation from nature: Marx and environmental politics*, UCL Press, London.
 Kaletsky, A. (2010), *Capitalism 4.0: The Birth of a New Economy in the Aftermath of Crisis*, Perseus, New York, NY.
 Latour, B. (1993), "The Moderns, Victims of Their Own Success", in Latour, B., *We have never been modern*, Harvard University Press, Cambridge, pp. 49-50.
 Naess, A. (1973), "The shallow and the deep, long-range ecology movements. A Summary", *Inquiry: An Interdisciplinary Journal of Philosophy*, vol.16, (.1-4), pp. 95-100.
 Royall, E. (2010), *Defining biomimicry: architectural applications in systems and products*, UTSOA - Seminar in Sustainable Architecture.

3 Nel paper le IAS sono intese dall'autore come i "sistemi progettati" (spazi aperti, chiusi, oggetti) che possono instaurare proficue relazioni tra utente e contesto attraverso l'implementazione dei requisiti di "adattabilità", tipica dei sistemi resilienti (Saleh, Sethi, Shneider, Till, Leupen); e di interattività, tipica dei sistemi tecnologici-informatici (Wigginton, Royall, Ratti), diventando appunto "interfacce" tra utenti e contesto.

Sijmons, D. (2014), "Waking up in the Anthropocene", *Urban by Nature*, proceedings of IABR 2014, May 29-August 24, 2014, Iabr, Rotterdam, pp. 12-20.

Silva, C. A. (2005), *Liquid architectures: Marcos Novak's territory of information*, Master thesis, Louisiana State University.

Swilling, M. and Hajer, M. (2016), "The future of the city and the Next Economy", *The Next Economy*, proceedings of IABR 2016, April 23-July 10, 2016, Iabr, Rotterdam.

Wigginton, M. and Harris, J. (2002), *Intelligent skin*, Butterworth-Heinemann, Oxford.



Fig. 5

Fig. 1 - Cave di Apricena, dialettica tra natura e artificio. Fonte: © Sergio Camplone

Fig. 2 - Diagramma di relazioni tra contesto-sistemi progettati-utente. Elaborazione: Cristina Cellucci

Fig. 3 - Casi studio e livelli di adattabilità/interazione. Elaborazione: Cristina Cellucci

Fig. 4 - Casi studio e livelli di adattabilità/interazione. Elaborazione: Cristina Cellucci

Fig. 5 - Dialettica tra natura e artificio #02. Fonte: © Sergio Camplone

