

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

18 | 2019

PROGETTO ESECUTIVO

detailed design

Poste Italiane spa - Tassa pagata - Piego di libro
Aut.n. 072/DCB/FI/VF del 31.03.2005

on line ISSN 2239-0243



SIT_{dA}

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

Issue 18
Year 9

Director
Maria Teresa Lucarelli

Scientific Committee
Tor Broström, Gabriella Caterina, Pier Angiolo Cetica, Gianfranco Dioguardi,
Stephen Emmitt, Paolo Felli, Luigi Ferrara, Cristina Forlani, Rosario Giuffré,
Helen Lochhead, Mario Losasso, Lorenzo Matteoli, Gabriella Peretti,
Fabrizio Schiaffonati, Maria Chiara Torricelli

Editor in Chief
Emilio Faroldi

Editorial Board
Ernesto Antonini, Eliana Cangelli, Tiziana Ferrante, Massimo Lauria,
Elena Mussinelli, Riccardo Pollo, Marina Rigillo

Assistant Editors
Alessandro Claudi de Saint Mihiel, Paola Gallo, Francesca Giglio,
Maria Pilar Vettori

Editorial Assistants
Viola Fabi, Serena Giorgi, Luca Magnani, Valentina Puglisi, Flavia Trebicka

Graphic Design
Veronica Dal Buono

Editorial Office
c/o SITdA onlus,
Via Toledo 402, 80134 Napoli
Email: redazionetechne@sitda.net

Issues per year: 2

Publisher
FUP (Firenze University Press)
Phone: (0039) 055 2743051
Email: journals@fupress.com

Journal of SITdA (Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura)

REVISORI / REFEREES

Per le attività svolte nel 2018-2019 relative al Double-Blind Peer Review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the Double-Blind Peer Review process done in 2018-2019, we would thanks the following Referees:

2018

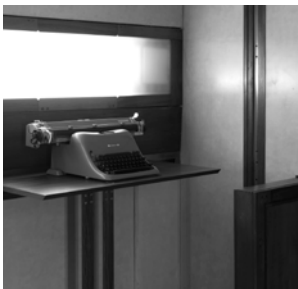
Davide Allegri, Adolfo Baratta, Alessandra Battisti, Oscar Eugenio Bellini, Luigi Bistagnino, Roberto Bolici, Alessandra Bonoli, Filippo Calcerano, Stefano Capolongo, Corrado Carbonaro, Francesca Castagneto, Arnaldo Cecchini, Andrea Ciaramella, Laura Daglio, Valeria D'Ambrosio, Enrico Dassori, Roberto Di Giulio, Gabriella Esposito De Vita, Daniele Fanzini, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Jacopo Gaspari, Maria Luisa Germanà, Elisabetta Ginelli, Roberto Giordano, Ina Macaione, Adriano Magliocco, Laura Malighetti, Francesco Mancini, Alessandro Massera, Paco Melià, Martino Milardi, Maria Valeria Mininni, Emanuele Naboni, Francesca Olivieri, Alessandra Oppio, Ingrid Paoletti, Francesco Pastura, Gabriella Peretti, Paola Pleba, Manuela Raitano, Massimo Rosetti, Sergio Russo Ermolli, Cinzia Talamo, Valeria Tatano, Corrado Topi, Serena Viola, Alessandra Zanelli.

2019

Ilaria Agostini, Francesco Alberti, Davide Allegri, Eugenio Arbizzani, Vitangelo Ardito, Paola Ascione, Erminia Attaianese, Adolfo Baratta, Alessandra Battisti, Oscar Eugenio Bellini, Stefano Bellintani, Lorenzo Boccia, Roberto Bolici, Roberto Bologna, Filippo Bricolo, Andrea Campioli, Stefano Capolongo, Francesca Castagneto, Pietro Chierici, Laura Daglio, Valeria D'Ambrosio, Giuseppe De Giovanni, Domenico D'Olimpo, Paola Favaro, Enrico Formato, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Jacopo Gaspari, Valentina Gianfrate, Francesca Giofrè, Roberto Giordano, Ruggero Lenci, Danila Longo, Laura Malighetti, Alessandro Massera, Martino Milardi, Elena Mola, Antonello Monsù Scolaro, Elena Pira Montacchini, Pietro Nunziante, Ingrid Paoletti, Carlo Parrinello, Paola Pleba, Sergio Pone, Raffaella Riva, Antonella Sarlo, Enrico Sicignano, Cesare Sposito, Andrea Tartaglia, Serena Viola, Antonella Violano, Alessandra Zanelli.

SIT_dA

Società Italiana della Tecnologia
dell'Architettura



PROGETTO ESECUTIVO

DETAILED DESIGN

- 7 | Cinquant'anni di tecnologia dell'architettura
Fifty years of technology of architecture
Massimo Rossetti

NOTA NOTE

- 9 | Nota
Note
Maria Teresa Lucarelli

PROLOGO PROLOGUE

- 11 | Il progetto esecutivo come spartito di musica pietrificata
The executive projects as a musical score in stone
Emilio Faroldi

DOSSIER a cura di/edited by Tiziana Ferrante

- 18 | Il progetto esecutivo. Ruolo, obiettivi, potenzialità
The detailed design project. Role, objectives, potential
Tiziana Ferrante
- 27 | Le criticità degli aspetti tecnico-legislativi nella predisposizione digitale dei progetti esecutivi
The criticality of technical-legislative aspects in the digital preparation of executive designs
Tommaso Valle, Cesare Valle
- 40 | Lighting Design: la connotazione di un progetto esecutivo, unione di arte e tecnologia
Lighting Design: blueprints - implication, the union between art and technology
Francesca Storaro
- 49 | Nuper rosarum flores
Nuper rosarum flores
Damiano D'Ambrosio
- 58 | Caccia all'opera che sfugge
Hunting the fleeing work of art
Gregorio Botta
- 63 | Il progetto esecutivo per un direttore d'orchestra di musica sinfonica
The executive project for a music symphony orchestra conductor
Giorgio Pradella

SCATTI D'AUTORE ART PHOTOGRAPHY a cura di/edited by Marco Introini

- 67 | La cura dell'esecuzione
The care of the execution

CONTRIBUTI CONTRIBUTIONS

SAGGI E PUNTI DI VISTA ESSAYS AND VIEWPOINTS

- 79 | Progettazioni esecutive "informate": ricerca e pratica professionale per migliorare l'ambiente costruito
"Informed" executive designs: research and professional practice to improve the built environment
Paola Marrone, Federico Orsini
- 89 | Sperimentare, sviluppare e provocare: il prototipo come strumento del progetto
Experiment, develop and provoke: the prototype as an instrument of design
Roberto Giordano, Elena Montacchini, Silvia Tedesco
- 99 | Dettagli d'autore. Dal disegno manuale dei grandi maestri a quello digitale delle Archistar
Master's details. From hand-made drawing of the great masters to the digital drawing of Starchitects
Giuseppe De Giovanni, Cesare Sposito

- 110 | Il progetto esecutivo come modello integrato in relazione all'Industria 4.0
The executive project as integrated model in relation to Industry 4.0
Carlo Caldera, Valentino Manni, Luca Saverio Valzano
- 120 | Progettare per la co-evolutività
Designing for co-evolution
Filippo Angelucci, Michele Di Sivo
- 128 | Eduardo Vittoria. Il pensiero progettante di un architetto olivettiano
Eduardo Vittoria. The design thinking of an Olivetti architect
Massimo Perriccioli, Pietro Nunziante
- 138 | La dimensione ambientale del progetto esecutivo. Esperienze e prospettive future
The environmental dimension of detailed design. Experiences and future perspectives
Monica Lavagna, Alessandra Bessi, Andrea Meneghelli, Paola Moschini
- 147 | Il ruolo del progetto esecutivo nelle opere pubbliche
The role of the detailed design in the public works
Andrea Tartaglia, Giovanni Castaldo
- 154 | Progetto esecutivo e patologia edilizia
Executive project and building pathology
Domenico D'Olimpio
- 164 | Incertezza epistemica, gestione dei rischi e informazione: il ruolo del progetto esecutivo
Epistemic uncertainty, risk management and information: the role of the detailed design
Cinzia Talamo, Giancarlo Paganin, Nazly Atta, Francesco Rota
- 174 | Integrazione dei requisiti di sostenibilità ambientale nel progetto di architettura
Integration of sustainability requirements in architectural design
Valentina Marino, Francesca Thiébat
- 184 | Progetto e manutenibilità nell'era di Industria 4.0
Project and maintainability in the era of Industry 4.0
Massimo Lauria, Maria Azzalin

RICERCA E SPERIMENTAZIONE RESEARCH AND EXPERIMENTATION

- 191 | Patrimonio edilizio della "Sapienza": strumenti digitali integrati per il progetto esecutivo
Building heritage of "Sapienza": integrated digital tools for the executive project
Fabrizio Cumo, Adriana S. Sfera, Elisa Pennacchia
- 199 | Progetto, dettaglio, costruzione. La scuola tedesca di Karljosef Schattner ed Heinz Bienefeld
Project, detail, construction. The German school of Karljosef Schattner and Heinz Bienefeld
Nicola Panzini
- 207 | Un modello semiotico come tramite concettuale tra l'ambito ideativo e il progetto esecutivo
A semiotic model as a conceptual link between conception and detailed design
Massimiliano Condotta
- 215 | Tecnologie Plug-and-Play e processo innovativo (Mapping/Modelling/Making/Monitoring) negli interventi di deep renovation
Plug-and-Play and innovative process technologies (Mapping/Modelling/Making/Monitoring) in deep renovation interventions
Emanuele Piaia, Beatrice Turillazzi, Danila Longo, Andrea Boeri, Roberto Di Giulio
- 226 | Utilizzo di game engine open-source a supporto della descrizione di procedure di assemblaggio per l'autocostruzione
Utilization of open-source game engines for the description of construction systems suited to self-building
Gianluca Brunetti
- 235 | La digitalizzazione dei flussi informativi per la fase operativa: il caso della Apple Developer Academy
Digital flows of information for the operational phase: the Facility Management of Apple Developer Academy
Sergio Russo Ermolli
- 246 | Modello SMART per una nuova gestione del processo edilizio
SMART models for new management of the building process
Clarissa Di Tonno
- 254 | L'indirizzo delle idee per la Rete delle Cose. Il progetto cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject
The direction of ideas for the Internet of Things. cHOMgenius project. PrototypeSystem&SharedProject
Elisabetta Ginelli, Gianluca Pozzi
- 263 | Digital control room per il progetto e la gestione degli edifici complessi
Digital control room for the project and management of complex buildings
Liala Baiardi, Ingrid Paoletti, Valentina Puglisi, Stefano Converso

- 272 | Il bilancio ambientale come supporto decisionale al progetto esecutivo di riqualificazione
The environmental balance as decision support to the refurbishment detailed design
 Antonello Monsù Scolaro, Lia Marchi
- 282 | Integrazione tra BIM e Agent-based simulation per la progettazione esecutiva 4.0
Integration between BIM and Agent-based simulation for the 4.0 detailed design
 Francesco Livio Rossini
- 288 | Performative design e qualità dell'architettura. Facade Engineering dell'IBM Headquarters a Roma
Performative design and quality of architecture. Façade Engineering for IBM Headquarters in Rome
 Gerard Hausladen, Francesco Antinori, Michele Conteduca, Elisabeth Endres, Daniele Santucci
- 300 | Progetto esecutivo e processi di costruzione digitale. Una sperimentazione costruttiva tra Italia e Giappone
Executive design and digital construction processes. A constructive experimentation between Italy and Japan
 Roberto Ruggiero
- 309 | Il progetto esecutivo per l'esportabilità e l'assemblaggio off/on-site del sistema costruttivo
The construction project for the exportability and assembly of the building system on/off-site
 Vittorino Belpoliti, Marta Calzolari, Pietromaria Davoli, Giampaolo Guerzoni

DIALOGHI *DIALOGUES* a cura di/edited by Maria Pilar Vettori

- 321 | Elaborazione esecutiva del progetto: riferimenti e contributi sullo scenario disciplinare, metodologico e operativo
Executive design processing: references and contributions on the disciplinary, methodological and operational scenario
 Un Dialogo di I A *Dialogue of* Massimiliano Nastri con I *with* Maurizio Teoria (Arup) e I *and* Dario Bozzoli (Colombo Costruzioni S.p.A.)

RECENSIONI *REVIEWS* a cura di/edited by Francesca Giglio

- 333 | Massimiliano Nastri, *Téchne e Poésis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto*
 Federica Meoli
- 337 | Roma Agrawal, *Costruire. Le strutture nascoste dietro le architetture*
 Valentina Gianfrate
- 339 | Carlo Piano, Renzo Piano, *Atlantide. Viaggio alla ricerca della bellezza*
 Enza Tersigni

INNOVAZIONE E SVILUPPO INDUSTRIALE *INNOVATION AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT*

a cura di/edited by Alessandro Claudi de Saint Mihiel

- 341 | La Terza Missione tra dimensione innovativa e funzione di public engagement
The Third Mission between the innovative dimension and the public engagement function
 Alessandro Claudi de Saint Mihiel

CINQUANT'ANNI DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

Massimo Rossetti,

Dipartimento di Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

rossetti@iuav.it

La Tecnologia dell'Architettura compie cinquant'anni. È infatti col Decreto del Presidente della Repubblica n. 995 del 31 ottobre 1969 che viene introdotta, nella Tabella XXX, come disciplina universitaria, ed è del dicembre successivo la circolare esplicativa che indica come l'insegnamento si riferisca «alla morfologia e all'impiego dei materiali nell'Architettura per il raggiungimento di risultati figurativi anche in relazione ai nuovi procedimenti industrializzati», sancendo a tutti gli effetti una serie di nuovi paradigmi nel progetto di architettura, e con essi la necessità di ridefinire gli ordinamenti didattici.

Non si vuole in questa sede affrontare un dibattito su quali siano, a cinquant'anni dalla nascita, gli ambiti di riferimento – scientifici, storici, culturali – della Tecnologia dell'Architettura, o quale ne sia il ruolo nella formazione dell'architetto¹. Un dibattito che, riproponendosi costantemente ai tavoli di discussione, nelle riunioni di area, ai convegni di settore, testimonia comunque la continua, ma soprattutto *consapevole* evoluzione della disciplina stessa, legata anche alle non rare occasioni di riorganizzazione dei corsi di studio².

Si vuole invece ricordare un momento fondamentale nella crescita delle scuole di architettura italiane. Quando tre singoli, semplici termini – “*nuovi procedimenti industrializzati*” – già portavano *in nuce* il segnale (uno, tra i molti) di un fenomeno emergente nell'ambito della realizzazione dei manufatti edili, e che stava, giustamente, facendo il suo ingresso nei percorsi formativi: il passaggio da una disciplina fino ad allora solo e strettamente funzionale al completamento tecnico degli aspetti formali del progetto, a una in grado di cogliere la complessità dei rapporti che sorgevano nelle dinamiche proprie alla produzione dell'architettura.

I cambiamenti in atto tra gli anni sessanta e settanta – l'approccio *sistemico* al progetto, il superamento delle materie tecniche come mera fase applicativa delle soluzioni compositive, l'introduzione di nuovi prodotti e materiali, anche mutuati da altri settori industriali – contribuirono senza dubbio a dare forma alla nascente Tecnologia dell'Architettura, assegnandole una posizione inedita nel panorama delle discipline, svincolata sia dal formalismo del progetto, sia dalle rigidità delle scienze “dure”. È in tale scenario che si intuì come lo studio dei metodi di realizzazione dell'architettura non si limitasse più alla sola conoscenza stratificata e pressoché artigianale che aveva caratterizzato tutto il dopoguerra, che vedeva la fase “esecutiva” susseguente a quella “ideativa”, ma si fosse invece ampliato e modernizzato, facendo proprio un *modus operandi* che trovava piena identità nel *processo edilizio*³. Fino al riconoscimento del carattere di disciplina *progettuale*, come indicato nella declaratoria ministeriale del 2011, dove si parlava di “progettazione tecnologica”, confermando di fatto un ruolo già ampiamente accreditato dalla comunità scientifico-didattica.

Il 2019 è profondamente “altro” dal 1969, ma la Tecnologia dell'Architettura ancora rappresenta un punto di riferimento nel panorama scientifico e culturale delle scuole di architettura, e non solo. A riprova di quanto fossero valide le istanze che portarono a inserirla in quella Tabella XXX. E la stessa presenza di *SITdA* e *Techne*, quali voci autorevoli per sostenere, promuovere e divulgare le attività della Tecnologia, testimonia che le cinque decadi trascorse possono considerarsi come una piena maturità e, nello stesso tempo, un'ininterrotta, e ciclica, rinascita.

FIFTY YEARS OF TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE

Technology of Architecture turns fifty. It is in fact the Decree of the President of the Republic n. 995 of October 31st, 1969, that introduces, with the Table XXX, Technology of Architecture as a university discipline; and the explanatory circular of the following December states how the subject refers to «the morphology and use of materials in Architecture for the achievement of results also figurative in relation to the new industrialized processes», clarifying a series of new paradigms in the architectural project, and with these the need to rethink the educational systems.

This is not the right place to face a debate about what are, fifty years from its birth, the reference areas – scientific, historical, cultural – of Technology of Architecture, or what its role is in the education of the architect¹. A debate that, constantly re-proposing itself at

the discussion tables, in the scientific area meetings, at the conferences, testifies the continuous, but above all *conscious* evolution of the discipline itself, linked also to the not rare occasions of reorganization of the study courses². Instead, we want to remind a fundamental moment in the growth of Italian architecture schools. When three single, simple terms – “*new industrialized processes*” – were already carrying in a nutshell the signal (one, among many) of an emerging phenomenon in the construction sector, and that was rightly making its entrance into the training paths: the passage from a discipline that was until then only and strictly functional to the technical completion of the formal aspects of the project, to one able to grasp the complexity of the relationships that arose in the dynamics specific to the production of architecture.

The changes that were taking place between the sixties and the seventies – the *systemic* approach to the project, the overcoming of technical subjects as a simple application phase of the formal solutions, the introduction of new products and materials, also transferred from other industrial sectors – undoubtedly contributed to give shape to the emerging Technology of Architecture, assigning it a new position in the field of knowledges, independent both from the formalism of the project and from the rigidity of the “hard” sciences. It was in this scenario that was understood how the study of the methods for the making of architecture was no longer limited only to the layered and almost artisanal knowledge that characterized the entire post-war period, that saw the “construction” phase following the “ideational” one, but instead, it had expanded and modern-

NOTE

¹ Per una disamina del ruolo attuale della Tecnologia dell'Architettura nel percorso formativo dell'architetto, si veda Perriccioli, M. and Ruggiero, R. (Eds.) (2018), *La didattica della Tecnologia dell'architettura nella formazione dell'architetto*, Clean Edizioni, Napoli.

² Si veda, tra gli altri, AA.VV. (1990), "IV Conferenza Nazionale dell'Area Tecnologica. Contenuti, prospettive disciplinari e nuovi ordinamenti universitari", *Atti del Convegno, Viterbo 19-20 aprile*, Editori del Grifo Montepulciano (SI).

³ Si veda D'Alessandro, M. (1983), "La Tecnologia", in Ciucci, G. (Ed.), *Guida alla Facoltà di Architettura*, il Mulino, Bologna.

ized, resulting in a *modus operandi* that found full identity in the *building process*³. Until the recognition as a *design* discipline, as states in the ministerial declaration of 2011, where "*technological design*" is introduced, confirming *de facto* a role already widely accredited by the scientific-educational community.

2019 is deeply "other" from 1969, but Technology of Architecture still represents a reference point in the scientific and cultural world of architecture schools, and more. As evidence of how valid the instances that led to insert it in Table XXX were. And the very presence of SITdA and Techne, as authoritative voices to support, promote and disseminate the activities of Technology, testifies that the past five decades can be considered as a full maturity and, at the same time, an uninterrupted and cyclical rebirth.

NOTES

¹ For an examination of the current role of Technology of Architecture in the architect's training path, see Perriccioli, M. and Ruggiero, R. (Eds.) (2018), *La didattica della Tecnologia dell'architettura nella formazione dell'architetto*, Clean Edizioni, Naples.

² See, among others, AA.VV. (1990), "IV Conferenza Nazionale dell'Area Tecnologica. Contenuti, prospettive disciplinari e nuovi ordinamenti universitari", *Congress Proceedings, Viterbo April 19th-20th*, Editori del Grifo Montepulciano (SI).

³ See D'Alessandro, M. (1983), "La Tecnologia", in Ciucci, G. (Ed.), *Guida alla Facoltà di Architettura*, il Mulino, Bologna.

Maria Teresa Lucarelli, Presidente SITdA,
Dipartimento Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

mtlucarelli@unirc.it

Tema di grande interesse disciplinare – ma anche di altri ambiti scientifici e culturali, come si evince dal Dossier – quello sul “progetto esecutivo”, proposto in questo numero di *TECHNE*. Rappresenta un momento di riflessione non solo sul ruolo tecnico realizzativo, quello appunto dell’*ingegnerizzazione* degli interventi, concepito a garanzia della corretta restituzione delle prescrizioni connesse alla esecuzione dell’opera ma una occasione per ragionare sugli *obbiettivi* a cui l’azione esecutiva dovrebbe tendere per raggiungere il soddisfacimento delle esigenze dell’utenza anche e soprattutto in una fase, come quella in atto, caratterizzata da forti cambiamenti socio-economici e ambientali. Una occasione, inoltre, per individuare le *potenzialità* che il progetto esecutivo può esprimere come momento in cui collegare/coniugare la componente ideativa e soggettiva del progettista – il “pensiero progettante” di Eduardo Vittoria – con quella tecnica e oggettiva, data dalle norme e/o della prassi esecutiva e realizzativa.

Un tema dunque attrattivo se pur complesso, considerando i limiti posti da una normativa sempre più articolata e stringente e, non ultimo, dalla profonda crisi del settore dell’edilizia che ha sacrificato spesso alla economicità degli interventi, gli aspetti qualitativi dell’opera.

Già a partire dagli anni ’70, all’interno di un dibattito più ampio sull’Architettura costruita, in Area Tecnologica si sosteneva la necessità di un “governo del progetto” per garantirne la qualità, trovando all’interno del processo edilizio, le modalità e gli strumenti per gestire la complessità del momento realizzativo dell’architettura: una correlazione stretta, quindi, tra momento creativo ed esecutivo dell’opera, da prevedersi fin dalla sua concezione, *come sequenza organizzata di fasi e procedure*. Una

correlazione, dunque, che si fonda sul rapporto coerente tra fase progettuale e fase esecutivo-costruttiva a garanzia, appunto, della qualità materica, funzionale e formale del manufatto.

La *querelle* sulle responsabilità che devono assumersi, sia in ambito pubblico che privato, i vari attori del processo – dal progettista all’impresa – per trovare la necessaria corrispondenza tra ideazione e realizzazione, è tutt’ora aperta: un concentrarsi prevalentemente sugli aspetti formali senza comprendere criticamente la finalità dell’azione progettuale rispetto alle «[...] esigenze della società, le ingerenze dell’economia, le ragioni della produzione [...] che obbliga a confrontarsi con il problema della corrispondenza tra ciò che viene progettato e le aspettative di una determinata collettività [...]»¹, ha portato ad esiti anche di forte impatto ma non sempre soddisfacenti in termini prestazionali, molto spesso con costi elevati, non giustificabili. Allo stesso tempo, il ragionare in termini esclusivamente tecnici ed economici – o, come fino al 2016 nel settore dei Lavori Pubblici, di massimo ribasso – ha prodotto e ancora produce una evidente perdita di qualità formale, funzionale e costruttiva, indispensabili per la conservazione del manufatto e la salvaguardia dell’utenza. Tema che richiama con forza, all’importanza della manutenzione e della corretta la gestione del ciclo di vita come parte integrante del progetto esecutivo.

Nello specifico del settore dei Lavori Pubblici, resasi obbligatoria, con la D.lgs. 50/2016, l’offerta economicamente più vantaggiosa per lavori superiori al 1.000.000 di euro, il problema della qualità esecutivo/realizzativa sembrerebbe superato. È da rilevare, tuttavia, che l’aumentato livello di attenzione agli aspetti qualitativi appare ancora marginale rispetto ai limiti generati dal pesante apparato amministrativo che caratterizza gli appalti pubblici: alle

NOTE

Theme of great disciplinary interest – but also in other scientific and cultural sector, as can be seen in the Dossier – the “executive project”, proposed in this issue of *TECHNE*.

Represents a moment of reflection not only on the technical executive role, about the *engineering* of the interventions, conceived to guarantee the correct return of the provisions related to the execution of the work, but also an opportunity to think about the *goals*.

Goals to which the executive action must/should strive to achieve the satisfaction of users’ needs also and above all in a phase, like the current one, characterized from strong socio-economic and environmental changes. An opportunity, also, to identify the

potentiality that the executive project can express as a moment to connect/combine the ideational and subjective component of the designer – the “thinking that designs” of Eduardo Vittoria – by the technical and objectivity norms and/or the executive process and practices.

A theme therefore attractive and complex, considering the limits of the normative increasingly detailed and compelling and, not least, by the deep crisis in the construction sector which has often sacrificed to the cost-effectiveness of interventions, their qualitative aspects work.

Since the early ’70, within a wider debate on Architecture built, in the Technological Area the need for a “government of the project” to ensure quality of the built, finding within the building process, the methods and tools to manage the complexity of the architec-

tural realization moment. A close correlation, therefore, between creative and executive moment of the work, to be foreseen since its conception, as an *organized sequence of phases and procedures*. A correlation, therefore, based on the consistent relationship between design phase and executive – constructively phase to guarantee, in fact, the material quality, functional and formal of the artefact.

There controversies on the responsibilities that must be assumed, both in the public and private sectors, the various actors of the process – from the designer to the company – to find the necessary correspondence between ideation and realization, are still open. A focus mainly on the formal aspects without critically understanding the purpose of the planning action with respect to «[...] the needs of society, the interference of the economy,

the reasons for the production [...] which forces us to confront the problem of the correspondence between what is planned and the expectations of a specific community [...]»¹. It led to outcomes also impactful but not always satisfactory in terms of performance, often at high cost, not justifiable. At the same time, the discourse in terms only technical and economic – or, as until 2016 in the field of Public Works, of maximum discount – has produced and still produces an evident loss of physical, functional and constructive quality, indispensable for the conservation of the building and the safeguarding of the user. Theme, which draws strongly, the importance of maintenance and about the correct management of life cycle as an integral part of the executive design. Specifically, in the field of Public Works, which became mandatory with

prescrizioni, anche molto articolate, che si richiedono alla fase di progettazione nel suo complesso e ancor più a quella esecutiva/realizzativa, si contrappongono, tra gli altri, i ritardi burocratici che, generando effetti negativi sulla tempistica, si riverberano pesantemente sulla qualità complessiva dell'opera.

Nel settore privato, dove la regolamentazione è meno stringente, si sta assistendo in Europa ad una lenta ripresa legata allo spostamento degli interessi della committenza su edifici o opere sempre più economicamente ed energeticamente efficienti ("zero energy buildings" o "net positive energy buildings"). A livello globale l'interesse alla costruzione di edifici complessi, in particolare nei mercati asiatici, sta portando le grandi società di progettazione, anche nazionali, a guardare con interesse ad una committenza e a mercati molto competitivi che richiedono costante innovazione tecnologica e qualità spinta. In questo caso il rapporto tra progettista e committente, tra idea progettuale e realizzazione dell'opera si stabilisce sulle richieste di un mercato immobiliare esigente, che sollecita una qualità esecutiva molto spinta, attenta al dettaglio tecnologico, ad un specifico *tailor made* per quel dato oggetto, che diviene occasione di sperimentazione progettuale e di prototipazione. Questo è evidente nell'ambito dell'involucro edilizio che nel nostro Paese, se pur sporadicamente, ha esempi interessanti già realizzati.

Allo stato attuale in presenza di una perdurante crisi del settore, volendo e dovendo garantire qualità architettonica da un lato, l'inserimento di innovazione tecnologica, dall'altro, anche nell'edilizia diffusa e non di pregio, si ravvede nella progettazione esecutiva la fase in cui si possono dare concretamente risposte alle nuove esigenze della committenza e dei fruitori in termini di qualità ambientale, sociale ed economica e allo stesso tempo

the D.lgs. 50/2016, the most economically advantageous offer for superior jobs of 1.000.000 €, the problem of executive quality seems outdated. It should be noted, however, that the increased level of attention to qualitative aspects still appears marginal compared to the limits generated by the heavy administrative apparatus that characterizes public procurement. To the requirements, complex, required during the designing phase more to the executive/of realization one, are opposed, among others, to bureaucratic delays that, generating negative timing effects, reverberated heavily on the overall quality of the construction. In the private sector, where regulation is less stringent, in Europe we can see a slow recovery linked to the shifting of the interests of the client to increasingly economically and energy-efficient buildings or works

("zero energy buildings" or "net positive energy buildings"). On a global level, the interest in the construction of complex buildings, particularly in Asian markets, is leading large design companies, including national ones, to look with interest at a very competitive clientele and markets that require constant technological innovation and high quality. In this case, the relationship between designer and client, between the project idea and the realization of the work is established on the demands of real market, which calls for a very high executive quality, attentive to technological detail, to a specific *tailor made* for that given object, which becomes an opportunity for design experimentation and prototyping. This is evident in the field of the envelope of building that in our Country, though sporadically, has interesting examples already made.

prestazionale e morfologica, rappresentando il «[...] momento di definizione delle caratteristiche dell'opera da realizzare e che il processo di progettazione è chiamato a conseguire [...]»².

Queste premesse danno rilevanza ai 4 topics, proposti dalla call, nei quali il rapporto della progettazione esecutiva con il *corretto uso delle risorse* (sostenibilità ambientale); con *l'interpretazione della nuova domanda di alloggi* (sostenibilità sociale); con *le opportunità offerte dall'industria 4.0* (sostenibilità economica) oltre che con la *tutela dei valori ideativi e creativi dell'architettura*, dà avvio ad un interessante dibattito in cui i 26 papers, selezionati tra gli 80 abstract presentati, evidenziano pur con approcci e contenuti diversi, l'esigenza di un ripensamento/cambiamento nel perseguire la qualità del costruito. In questo la progettazione tecnologica è in grado di dare risposte innovative ed esaustive.

NOTE

¹ Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 13, pp. 27-32.

² Ferrante, T. and Claudi di Saint Mihel, A. (2018), *Call for paper*, *Techne* n. 18, FUP, Firenze.

The current state, in the presence of a continuing crisis in the sector, to guarantee toned architectural quality on the one hand there is the insertion of technological innovation. On the other hand, also in diffused and not valuable building, is repaid in the executive design the real phase to give answers to the new needs of the client and users in terms of environmental, social and economic quality and at the same time performance and morphology, representing the «[...] moment of definition of the characteristics of the work to be implemented and that the design process is called to achieve [...]»².

These premises give importance to 4 topics, proposed by the call, in which the relationship of the executive planning with the *correct use of the resources* (environmental sustainability); with the interpretation of the *new demand for housing* (social sustainability); with

the opportunities offered by *industry 4.0* (economic sustainability) as well as with the *protection of ideational values and creative of the architecture*, starts an interesting debate in which the 26 papers, selected from among the 80 abstracts presented, albeit with different approaches and highlight content, the need for a re-thinking/change in pursuing the quality of the built. In this sense, the technological design is able to give innovative and complete answers.

NOTES

¹ Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 13, pp. 27-32.

² Ferrante, T. and Claudi di Saint Mihel, A. (2018), *Call for paper*, *Techne* n. 18, FUP, Firenze.

Emilio Faroldi,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

emilio.faroldi@polimi.it

L'atto del *costruire* al fine di migliorare la realtà è atto unico, nobile, complesso e impregnato di responsabilità. L'assunto, teso ad affrontare studi e ricerche inerenti il comparto della progettazione esecutiva, origina dai criteri di analisi disciplinare ed ermeneutica, estesi alla disamina dei contenuti di carattere culturale e scientifico che consentono di costituire la formulazione teorica, produttiva e costruttiva dell'architettura medesima.

Ciò proponendo una serie di riferimenti, interrelazioni e aperture, intese a sostenere, ai fini intellettuali, procedurali e applicativi, la definizione esecutiva del progetto, diretta ad attivare le pratiche di acquisizione cognitiva e d'intervento realizzativo all'interno della realtà.

Il progetto interpretato perciò come azione prefigurativa dell'atto realizzativo.

L'orientamento alla progettualità è mutuato rispetto alla dimensione conoscitiva, esplorativa e ricorsiva, nel quale la progettazione esecutiva è definita quale comparto metodologico correlato alle istanze e agli obiettivi rivolti alla fattibilità reale e all'attuazione pratica dell'architettura.

In altri termini, il progetto esecutivo è riconducibile al contesto indirizzato alla costituzione operativa, quale prassi tesa alla pianificazione, coordinamento e gestione conoscitiva e strumentale, nonché al controllo dei contenuti, delle fasi e delle informazioni finalizzate alla produzione e alla costruzione dell'opera e delle sue parti. L'estensione del progetto di architettura si struttura sulla base di una sua visione unitaria, quale "processo circolare": operazione di sintesi nella quale *mondo ideativo* e *sfera realizzativa* non possono esistere in forma distinta e tramite una semplice relazione lineare e sequenziale, bensì si integrano in un processo globale (Mangiarotti, 2000).

THE EXECUTIVE PROJECT AS A MUSICAL SCORE IN STONE

Constructing to improve reality is a unique and complex action charged with responsibility. The theory, which examines studies and research in the field of executive design, stems from analysis criteria of the discipline and of hermeneutics extended to examine the cultural and scientific contents, which define the theoretical, productive and constructive formulation of architecture.

This has been carried out by proposing several references, interrelations and openings aimed at supporting, for intellectual, procedural and application purposes, the project's executive definition to activate the practices of cognitive acquisition and of execution within reality. Hence, the project is interpreted as a prefigurative action of the act of execution.

The approach to project design is taken from the cognitive and exploratory di-

Lo studio esecutivo si fonde, altresì, alla concezione del progetto come "attualità assoluta" dei suoi termini costitutivi, fondato sulle risorse e sugli obiettivi diretti all'*individuazione delle soluzioni praticabili* e quale *operazione sintetica* (Nardi, 1991). Il progetto, in accordo alla tradizione degli studi propri del contributo, culturale e operativo, delle "tecnologie dell'architettura" (Nardi, 2000), si struttura quale combinazione tra i fini – intesi come gli obiettivi e le funzioni – e i mezzi – intesi come i disposti formali e tecnico-costruttivi – che l'opera architettonica è chiamata ad assumere (Nardi, 1994 6th ed., nel riferimento all'*Estetica*, III Sezione, di Georg W.F. Hegel).

In linea con tale filone di pensiero, la formulazione esecutiva del progetto si inquadra attraverso lo sviluppo dell'*ideazione compositiva*, o "poietica", verso la sua attuazione pratica ed educazione empirica (ovvero, di conduzione verso la "materializzazione" dell'architettura; Robbins *et al.*, 1994) orientate a guidare la prassi mediante la disposizione degli apparati tecnici e strumentali tesi alle verifiche di validità, di correttezza e di fattibilità.

Inoltre, il progettare in una logica di esecutività delle azioni significa controllare la trasposizione di finalità essenziali e culturali in una realtà che si concreta tramite un complesso di atti tecnici, nel rispetto dei vincoli e delle possibilità disposte dalla realtà stessa: il legame e il confronto con la realtà determinano le caratteristiche del progetto che deve essere in grado di prevedere e anticipare le conseguenze delle scelte nel passaggio dal possibile alla concretezza dell'opera architettonica (appunto, nella forma dell'"attualità assoluta" di Hegel).

Il progetto di architettura, nell'accezione esecutiva, è sottoposto a procedure di esplicitazione in modo da oggettivare l'idea progettuale al fine di «tradurre le possibilità logicamente concepibili

and from that of recurrent patterns, in which the executive design is defined as a methodological compartment related to needs and objectives centred on actual feasibility and on the practical implementation of architecture.

In other words, the executive project can be traced to the context leading to action, as a practice focused on planning, coordination and management, both exploratory and instrumental, and also on control of contents, phases and information aimed at producing and constructing the work and its parts.

The extension of the architectural project is structured, based on its unitary vision, as a "circular process": an operation of synthesis in which the *ideational world* and *executorial framework* cannot exist distinctly and with simple linear and sequential relations,

but are rather integrated into a global process (Mangiarotti, 2000).

The executive study is also based on the concept of project as "absolute actuality" of its constitutional terms, established on resources and objectives aimed at *identifying practicable solutions*, and as *synthetic operation* (Nardi, 1991). The project, consistently with the tradition of typical studies on the cultural and operative contribution of "architectural technologies" (Nardi, 2000), is structured as a combination of purposes – considered as objectives and functions – and of devices – considered as formal, technical-construction provisions – which the architectural work is called to include (Nardi, 1994 6th ed., in the reference to *Estetica*, Section III, by Georg W.F. Hegel).

Consistently with this trend of thought, the project's executive formulation is

in realtà fattuale» e concretandosi rispetto alle possibilità produttive ed esecutive, sia come effettiva “immagine del possibile” (Jacob, 1983, tr. it. 1983), sia come “modo di presentarsi della realtà” (Aceti, 1997).

La formulazione *esecutiva* (der. lat. *exsecutus*, part. pass. di *exsēqui*, ovvero “eseguire”), aperta all’acquisizione della “potenzialità euristica” per cui «il progetto è dato [...] dal rapporto tra *téchne* da una parte e *inventio* dall’altra» (Nardi, 1998), esprime il processo ideativo e compositivo quale attività di “trascendenza formale” (Borutti, 1997) e di “oggettivazione” (in senso kantiano, con l’attribuzione di significati coerenti alla “fattività reale”; Mathieu 2017).

Un’attività, vièppù, coerente con il significato intrinseco del *projeter* (der. fr.), in quanto adattamento del *proiectare* (der. lat. tardo), come anticipazione della realtà costruita, a sua volta come intensivo di *proicere*, implicando la capacità di visualizzare quanto “insito nelle cose” (Cacciari, 1981) attraverso la “presentificazione” dell’effettiva realtà (Motterlini, 1995).

Il progetto, nello scenario in esame, si manifesta quale «percezione esatta del fenomeno conclusivo» (Vegetti, 1986), rendendo in tal senso plausibile l’aforisma di Johann W. von Goethe intorno alla visione caratterizzante l’architettura come “musica congelata”, per giungere all’afflato di Alberto Campo Baeza verso l’“idea costruita”: in seguito, come “materializzazione del pensiero” (Koyré, 1961, tr. it. 1967), fino a impostare e a pianificare «il problema tecnico, o più esattamente *tecnologico*, della realizzazione effettiva, cioè dell’esecuzione materiale» (ivi).

La formulazione esecutiva del progetto di architettura, «in quanto anticipazione [...] si basa cioè su una prefigurazione o previsione di possibilità» (Calvo, 1980), offrendosi «quale mossa

anticipatrice, proiettiva, di un fare, di un agire intenzionale» (Arrigoni, 2004): l’accezione si delinea come un procedimento intellettuale e operativo, quale prefigurazione di aspetti “poietici” e pratici, «che anticipa concettualmente e sperimentalmente la vera e propria costruzione, prevedendone la fenomenologia e riducendo al minimo lo scarto fra ideazione e realizzazione» (De Fusco, 1984). In questi termini, il progetto di architettura può configurarsi come confine, come frontiera, tra l’ideazione, sia creativa sia esecutiva, e la costruzione, in quanto avamposto della possibile futura realtà, in cui si stabiliscono previsioni e anticipazioni della realtà stessa (Zanini, 1997).

Un’estensione del progetto di architettura focalizzata sul “dare forma” alle istanze morfo-tipologiche e spaziali, espressive ed estetiche, come attuazione “poietica”, è intesa quale “composizione artistica” all’interno della quale si coniugano le prospettive dell’esecuzione (nel richiamo alla posizione filologica di Adolf H. Borbein citata da Frampton, 1999, tr. it. 1999). Tale impostazione accoglie l’“assoggettamento alla disciplina dell’opera” (avversando la sua “nascita per intuizione”; Adorno, 1967, tr. it. 1979) e all’*aedificazione* sancita da Leon Battista Alberti (che, nel *De Re Aedificatoria*, la preferisce al termine più restrittivo di “architettura”).

L’attuazione compositiva e artistica integra il carattere esecutivo proprio della funzione finalistica dovuta ai processi, conoscitivi e operativi, rivolti al compimento, alla messa in pratica dei contenuti morfo-tipologici, funzionali ed espressivi dell’architettura: la concezione del progetto diretto alla produzione e alla costruzione assume in tal modo gli aspetti, le regole e le pratiche che rendono concreta l’intenzione progettuale, considerando

defined through *composite ideation* or “poietics” to achieve its practical implementation and empirical education (leading to the “materialisation” of architecture; Robbins *et al.*, 1994) to guide practice by arranging technical and instrumental equipment designed to verify validity, correctness and feasibility.

Moreover, designing by adopting a rationale centred on the execution of actions means controlling the transposition of needs and cultural purposes into a reality that is concretised with a series of technical actions, in compliance with the bonds and possibilities provided by reality itself: the bond and comparison with reality determine the project’s characteristics, which must be able to foresee and anticipate the consequences of choices in the transition from the sphere of the possible to that of concreteness of the architectural

work (precisely, in the form of Hegel’s “absolute topicality”).

The architectural project, in terms of execution, is subjected to procedures of expression in order to objectivise the project’s idea to «translate logical conceivable possibilities into factual reality», becoming concrete with regard to productive and executive options, both as actual “image of the possible” (Jacob, 1983, It. tr. 1983), and as “the way reality presents itself” (Aceti, 1997).

The *executive* (from Latin *exsecutus*, past participle of *exsēqui*, or “execute”) formulation, open to the acquisition of the “heuristic potential” according to which «the project is given [...] by relations between *téchne* on the one hand, and *inventio* on the other» (Nardi, 1998), expresses the ideational and compositional process as an activity of “formal transcendence” (Borutti,

1997) and of “objectivisation” (in its Kantian meaning, with the attribution of meanings that are consistent with “actual feasibility”; Mathieu, 2017).

Moreover, the activity is consistent with the intrinsic meaning of *projeter* (from French), as adaptation of *proiectare* (from late Latin), as anticipation of the constructed reality, which is, in turn, an intensive form of *proicere*, implying the capacity to visualise that which is “intrinsic within things” (Cacciari, 1981) through the “presentification” of actual reality (Motterlini, 1995).

The project, in the scenario examined, manifests as «exact perception of the conclusive phenomenon» (Vegetti, 1986), making Johann W. von Goethe’s aphorism regarding the vision characterising architecture as “frozen music” plausible in this sense, reaching Alberto Campo Baeza’s concept of

“constructed idea”, and later, as “materialisation of thought” (Koyré, 1961, It. tr. 1967), even establishing and planning «the technical problem or, more precisely, *technological* problem of actual implementation, which is material execution» (ibid.).

The executive formulation of the architectural project, «as anticipation [...] is based on a prefiguration or prediction of possibility» (Calvo, 1980), offering itself «as a move that anticipates and projects, an act of doing, an intentional action» (Arrigoni, 2004): this meaning is defined as an intellectual and operative procedure, as prefiguration of “poietic” and practical aspects «that conceptually and experimentally anticipates the actual construction, predicting its phenomenology and reducing to a minimum the distance between ideation and execution» (De Fusco, 1984). In such terms, the archi-

la tecnica «sia come operazione diretta al consistere dell'opera sia come organizzazione produttiva» (Gregotti, 1988 2nd ed.). Azione questa che per certi versi porta a compimento la combinazione logica, programmatica e consequenziale, teorizzata da Walter Gropius, tra la fase di *architectural design* e la fase di *product design*.

Nello specifico, l'assoggettarsi alla disciplina dell'opera, trasforma l'estensione compositiva del progetto di architettura quale messa in atto di una creatività razionale, laddove la funzione finalistica si dirige verso la "pro-duzione" per mezzo dell'*inverarsi del pro-getto* (Mazzarella, 2002 2nd ed.).

Pertanto, «la *poiesis* come pro-duzione nel suo senso più pieno indica né più né meno che la "dinamica" del disvelamento: il far-avvenire come portar fuori dalla latenza nel non-nascosto, nella disvelatezza» (ivi), ovvero, come procedura di "svelamento per mezzo della *poiesis*" (Gregotti, 2002). A tale proposito, la concezione aristotelica di *poiesis* permette di precisare e legittimare il nesso indissolubile tra l'elaborazione cognitiva – espressa nella "forma" – e la realtà: «dal punto di vista costruttivo, all'idea del conoscere come rappresentare, contemplare, riprodurre il mondo (*theorein*), si sostituisce l'idea di un fare, produrre, costruire (*poiein*) non iconico» (Borutti, 1999). Un apporto, concettuale e pratico, da parte della *téchne*, rappresentato dalla disposizione connessa al "mondo poietico (*poieo*: fabbricare, costruire, lavorare) della creazione" e al "mondo pratico dell'azione" (ivi).

La disamina, come svelamento per mezzo della *poiesis*, si ritrova anche nel riferimento alla visualizzazione compositiva ed espressiva, in forma "reale" e "concreta", dei contenuti progettuali (Heidegger, 1953, tr. it. 1976), rilevandone le condizioni

textural project can be configured as a border, a frontier, between ideation, both creative and executive, and construction, as the outpost of the possible future reality, in which forecasts and anticipations of reality itself are grounded (Zanini, 1997).

An extension of the architectural project focused on "shaping" morpho-typological and spatial, expressive and aesthetic needs, as "poietic" implementation, understood as "artistic composition" within which the perspectives of the execution are conjugated (in the reference to Adolf H. Borbein's philological theory cited by Frampton, 1999, It. tr. 1999). This structure includes "the work's submission to discipline" (opposing its "birth by intuition"; Adorno, 1967, It. tr. 1979) and the *aedification* sanctioned by Leon Battista Alberti (who, in *De*

Re Aedificatoria, prefers it to the more restrictive term "architecture"). Composite and artistic execution integrates the executive character typical of the finalistic function generated by exploratory and operative processes focused on completing and practically implementing morpho-typological, functional and expressive contents of architecture. The concept of project aimed at production and construction thus acquires aspects, rules and practices, which concretise the project's intention, considering the technique «both as operation aimed at concretising the work and as productive organisation» (Gregotti, 1988 2nd ed.). In some ways, this action completes the logical, programmatic and consequential combination theorised by Walter Gropius between the phase of *architectural design* and the phase of *product design*.

«oggettive» e integrando la possibilità che questi "si pro-spettino a una percezione sensibile", per quanto "sommamente indiretta e mediata da molteplici artifici tecnici" (ivi).

Il contributo di Martin Heidegger procede nella spiegazione esecutiva del progetto quale attività orientata a "formare" e a "pervenire" senza "esperienza" o "visione" diretta del fenomeno (ivi), ovvero la costruzione: questo in quanto metodo capace di "pro-spettare a una percezione sensibile" le condizioni e gli elementi del progetto, i contenuti della realtà di riferimento e le sue situazioni specifiche all'interno di un ambito processuale da visualizzare "anticipatamente" e senza una relazione diretta o "esperibile" (ivi).

Un'emplificazione mutuabile nell'elaborazione di Mario Ridolfi, di Jean Prouvé o di Franco Albini fino, per giungere a Marco Zanuso, osservata quale metodologia rivolta a fornire la "fisicità" – appunto: la "materializzazione" e la pietrificazione – e la "consistenza tecnica" delle forme fino a proiettare i criteri di posa in opera e di assemblaggio in cantiere. Metodo e esito uniti in un unico atto che collega indissolubilmente il momento ideativo e progettuale con quello esecutivo, nella logica di ridurre al massimo lo scarto tra questi due momenti.

Si vedano a tal proposito le teorie di Nelson Goodman, esponente di spicco della filosofia analitica americana, quando sostiene che esiste una maggior possibilità di distanza, tra idea e opera, in architettura che non in musica, sensibilizzando il mondo della costruzione ad alzare l'asticella di guardia nella verifica, controllo e metodologia di *sopravvivenza* dell'idea architettonica nell'atto realizzativo.

I contenuti di carattere produttivo e costruttivo e le relazioni di ordine procedurale che riguardano l'elaborazione esecutiva del

Specifically, submitting to the discipline of the work transforms the composite extension of the architectural project as execution of rational creativity, where the finalistic function is directed towards "pro-duction" by means of the *concretisation process of the pro-ject* (Mazzarella, 2002 2nd ed.). Hence, «*poiesis* as pro-duction in its fullest sense precisely indicates the "dynamics" of revelation: the act of making something occur, taking it out of latency into the unconcealed, into the revealed» (ibid.), or as a procedure of "revelation by means of *poiesis*"» (Gregotti, 2002). In this regard, the Aristotelian concept of *poiesis* allows to specify and legitimate the indissoluble link between cognitive processing – expressed in the "form" – and reality: «From the standpoint of construction, the idea of knowing as representing, contemplating, reproducing the world

(*theorein*), is substituted by the idea of doing, producing, non-iconic building (*poiein*)» (Borutti, 1999). A conceptual and practical contribution, on the part of *téchne*, represented by the provision connected to the "poietic world (*poieo*: manufacture, construct, work) of creation" and to the "practical world of action" (ibid.).

Examination, as revelation by means of *poiesis*, can also be found with reference to composite and expressive visualisation, in a "real" and "concrete" form, of project contents (Heidegger, 1953, It. tr. 1976), observing its "objective" conditions and integrating the possibility of these project contents "presenting themselves to sensitive perception", despite being an "extremely indirect possibility mediated by multiple technical devices" (ibid.). Martin Heidegger's contribution proceeds with the executive explanation

progetto sono affrontati rispetto criteri di proiezione, visualizzazione, simulazione e indicazione diretti a esplicitare aspetti e azioni per cui non è possibile “agganciare” la costituzione effettiva con la sola empiria.

Il riferimento è al “progettare per costruire” posto nel metodo di Carlo Scarpa, ma già di Frank L. Wright per i sistemi costruttivi delle *Textile Block Houses* come per gli esperimenti di “anticipazione costruttiva” dichiarati nei documenti tecnici dei progetti per la *Weissenhof Siedlung* di Stoccarda nel 1927, laddove la trasposizione simulata della realizzazione concreta è volta a superare la comprensione e l’esperimento sul *corpore vili* leonardesco. Il richiamo alla prospettiva kantiana dell’“oggettivazione” determina la configurazione dei contenuti di carattere produttivo e costruttivo tramite una pratica di “presentificazione” (in assenza della loro “presenza sensibile”), di “trascendenza formale” della realtà secondo due principali aspetti.

La sintesi tra l’elaborazione umanistica e creativa del progetto e le conoscenze tecnico-costruttive, che “incrementa la capacità realizzatrice dell’azione” e “immette nella concretezza” l’espressione ideativa e compositiva: questa disposta quale «risultato di una previsione attiva, come una realtà da costruire» (Conti, 1994). Nonché, le pratiche di elaborazione ed esplorazione che si delineano nell’“agire tecnologico”, secondo la messa a punto e l’applicazione sia di “protesi” tecnologiche e strumentali, finalizzate alla conoscenza e all’azione (Fadini, 2000), sia di strategie e di dispositivi per affrontare e per dominare, *artificialmente e tecnicamente*, la realtà di riferimento: questo come disposizione *tattica e finalistica*, che comprende lo sviluppo di un “procedimento produttivo” unitamente sia all’espressione “creativa” e all’“azione prometeica”, sia alla pianificazione del

of the project as activity oriented at “training” and at “achieving” without direct “experience” or “vision” of the phenomenon (ibid.), or the construction: this is true as it is a method capable of “presenting to sensitive perception” the conditions and elements of the project, the contents of the reference reality and its specific situations within a procedural framework to be visualised “in advance” and without direct or “usable” (ibid.) relations. An example that can be taken from the theory of Mario Ridolfi, of Jean Prouvé or of Franco Albini, and finally of Marco Zanuso, an example observed as method focused on providing “physicality” – to be precise: “materialisation” and petrification – and the “technical consistency” of forms, even predicting installation and assembly criteria at the construction site. Method and outcome are combined in a single ac-

tion, which indissolubly connects the moment of ideation and design with the executive one, consistently with the rationale of reducing the gap between these two moments as far as possible. In this regard, see the theories of Nelson Goodman, a leading figure of American analytical philosophy, when he says that there is a greater possibility of distance, between idea and work, in architecture rather than in music, thus raising awareness in the construction scene of the need to raise the standard of verification, control and survival method of the architectural idea during its execution. The productive and constructive contents and procedural relations that concern executive project development are discussed taking into account projection, visualisation, simulation and indication criteria designed to express aspects and actions, whose actual

“lavoro direttivo” e del “lavoro esecutivo” (Spengler, 1931, tr. it. 1992).

L’elaborazione esecutiva del progetto si delinea quale mezzo di conoscenza e azione teso alla strutturazione, all’anticipazione e alla simulazione delle fasi di produzione e di costruzione dell’opera architettonica e delle sue parti. L’atto del costruire (ant. *construere*) v. tr. [dal lat. *construere*, comp. di *con-* e *struere* «ammassare, costruire»], presuppone l’organizzazione e l’unione delle parti convenientemente disposte.

Da qui la necessità di uno ambito/strumento – il progetto esecutivo – quale spartito di una musica pietrificata quale è da ritenersi l’architettura. Ovvero, il carattere esecutivo del progetto coniuga sia gli apparati di tipo conoscitivo, esplorativo ed esperienziale (nel campo della *soft technology*), sia i disposti relativi alle tecniche produttive e costruttive (nel campo dell’*hard technology*; Ciribini, 1979).

L’elaborazione del progetto esecutivo quale strumento di conoscenza o di “organizzazione della conoscenza del reale”, si applica quale pratica di “modellazione”, mediante la costituzione e l’impiego dei dispositivi progettuali nella forma di “modelli interpretativi”, come congegni di organizzazione, di simulazione e di *costruzione* intelligibile della realtà di riferimento (Papi, 1998).

La definizione come strumento di conoscenza sostiene e legittima: l’elaborazione creativa, in senso aristotelico, fondata sull’assunzione e interpretazione dei dati e delle nozioni apprese dalla realtà (quale “contesto tecnico” e “tecnicamente organizzato”; Severino, 1998) e, su tali fondamenti, protesa all’azione mediante modalità di previsione e di pianificazione; nonché, l’elaborazione “esplorativa” della realtà che, in quanto pratica cognitiva, si de-

execution cannot be “associated” only with a practical approach. This refers to “designing to construct”, as stated in the method proposed by Carlo Scarpa, and previously by Frank L. Wright for construction systems of *Textile Block Houses* and for experiments centred on “constructive anticipation” reported in the technical documents of projects for *Weissenhof Siedlung* in Stockholm, 1927, where the simulated transposition of concrete execution is designed to surpass understanding and experiment centred on the Leonardian *corpore vili*. The reference to the Kantian perspective of “objectivisation” determines the configuration of productive and constructive contents through “presentification” (in the absence of their “sensitive presence”), “formal transcendence” of reality according to the two main aspects.

The synthesis of humanistic and creative project development and the technical-constructive know-how, which “increases the capacity to execute the action” and “concretises” the ideational and composite expression, defined as «result of an active forecast, as a reality to be constructed» (Conti, 1994). Besides the processing and exploration involved in “technological action”, according to the perfecting process and application both of technological and instrumental “prostheses”, aimed at knowledge acquisition and action (Fadini, 2000), and of strategies and devices studied to *artificially and technically* face and dominate the reference reality: this is considered as *tactical* and *finalistic* arrangement, which includes the development of a “production procedure” along with both “creative” expression and “Promethean” action, and with planning both “directive

termina attraverso pratiche di sperimentazione e di simulazione con il compito di sostituire l'“evento reale” della costruzione (Popitz, 1995, tr. it. 1996).

L'elaborazione del progetto si esplicita come prassi dell'“agire strumentale” e dell'“agire razionale”: dalla teoria di Jürgen Habermas si concreta l'azione diretta a «tradurre le possibilità logicamente concepibili in realtà fattuale» (1968, tr. it. 1969), attraverso la formulazione degli strumenti, concettuali e operativi, in forma conoscitiva, esplorativa e attiva, rivolti all'interazione con la realtà. In particolare, la configurazione di tali strumenti, estesi nella costituzione dei dispositivi, o elaborati, esecutivi del progetto, si manifesta rispetto all'espressione delle indicazioni, delle informazioni e delle procedure per anticipare e per guidare l'operatività, ovvero mediante la rappresentazione e la visualizzazione delle azioni verso la realtà stessa.

La definizione esecutiva si svela per mezzo della messa a punto delle pratiche di verifica e di monitoraggio delle soluzioni progettuali, unitamente alla disposizione delle informazioni strumentali intorno alle modalità di posa in opera e di assemblaggio in cantiere: questo prevedendo l'integrazione dei requisiti dettagliati in termini di specifiche funzionali e di prestazione, lo sviluppo dei criteri di comunicazione e di istruzione alle competenze produttive ed esecutive.

Parimenti, si materializza la specificazione dei mezzi per la guida e il controllo della realizzazione, come espressione di un “processo decisionale” che contempla i modi di “istruzione” (“estetica e morfologica”) e di controllo, comprensivi delle “prescrizioni dettagliate” (Peguiro, 1994).

La progettazione esecutiva, perciò, intesa come operazione programmatica, quale comparto di interazione multidisciplinare,

work” and “executive work” (Spengler, 1931, tr. it. 1992).

Executive project development is a knowledge acquiring tool and action aimed at structuring, anticipating and simulating production and construction phases of the architectural work and of its parts. The act of constructing (anciently *construere*) transitive verb [from Latin *construere*, made up of *con-* and *struere* «amassing, building»] presupposes organising and uniting conveniently arranged parts. Hence the need for a framework/tool – the executive project – as a musical score in stone, such as architecture should be considered. Precisely, the project's executive nature combines knowledge-acquiring, exploratory and experiential systems (in the field of *soft technology*), and arrangements relative to production and construction tech-

nologies (in the field of *hard technology*; Ciribini, 1979).

Drawing up the executive project as an instrument of knowledge or of “organisation of knowledge of the real”, is applied as a “modelling” practice, by establishing and using of project devices in the form of “interpretational models”, as organisation, simulation and intelligible *construction* devices of the reference reality (Papi, 1998).

The definition as a knowledge-acquiring instrument supports and validates: creative processing, in the Aristotelian sense, based on the assumption and interpretation of data and of notions learnt from reality (such as “technical context” and “technically organised”; Severino, 1998) and, on these foundations, leaning towards action with projection and planning methods; and, “exploratory” processing of reality which, as a cognitive practice, is

laddove convergano molteplici competenze e professionalità, e di adozione di apparati di progressione, registrazione e condivisione informativa, al fine di disporre, organizzare e anticipare sia le fasi realizzative sia le fasi gestionali, pervenendo alla messa in atto di un modello di realtà non ancora esistente, ma al meglio prefigurata.

Ciò, attraverso la “riproduzione”, in forma simulativa, della composizione fisica, dimensionale e connettiva degli apparati che concorrono alla produzione e alla costruzione di insieme e delle specifiche interfacce (“tecniche” e “organizzative”) tra sistemi, componenti, elementi e materiali; nonché l'integrazione delle “funzioni comunicative” e delle “funzioni di orientamento”, ovvero di guida e di istruzione per l'azione concreta (Elias, 1991, tr. it. 1998), stabilite su pratiche di “precisione” per affrontare l'“applicazione al reale” (quale luogo del dominio dell'impreciso e del “pressappoco”; Koyré, 1961, tr. it. 1967).

In tal senso, il progetto esecutivo si approfondisce quale pratica comunicativa per mezzo della redazione dei supporti per orientare la realizzazione e poterla al meglio controllare in esercizio, in base ad aspetti informativi e a metodi di rappresentazione scientifica: questi eseguiti nella forma di ausili strumentali e caratterizzati da un linguaggio sofisticato, ricco di connotazioni, simbolico e codificato per la visualizzazione e il controllo della costruzione.

Una rappresentazione scientifica che interpreta la costruzione di un'opera architettonica e delle sue parti, proponendosi quale linguaggio di tipo *indicativo* per l'azione all'interno della realtà, e al contempo di tipo *metaforico* in grado di esporre la reale sostanza degli oggetti: gli elaborati del progetto si configurano, quindi, come “strumenti di spiegazione e previsione”,

determined by experimentation and simulation to substitute the “actual event” of construction (Popitz, 1995, It. tr. 1996).

Project development is carried out as part of “instrumental action” and of “rational action”: Jürgen Habermas' theory defines action designed to «translate the logically conceivable possibilities into factual reality» (1968, It. tr. 1969) through the formulation of instruments, both conceptual and operative, in a cognitive, exploratory and active form addressed at interaction with reality. Particularly, the configuration of these instruments, extended to the creation of executive project devices or drawings, manifests in terms of expression of indications, of information and of procedures to anticipate and to guide operations, precisely by representing and visualising actions addressed at reality.

The executive definition is revealed by perfecting verification and monitoring practices of project solutions, also providing instrumental information about installation and assembly methods at the construction site. This envisages the integration of detailed requisites in terms of functional and performance specifications, development of communication and instruction criteria for productive and executive competencies.

Likewise, the specification of devices to guide and control execution materialises as the expression of a “decisional process”, which contemplates modes of “instruction” (“aesthetic and morphological”) and of control, including the “detailed provisions” (Peguiro, 1994). Hence, the executive project is considered a programmatic operation, a compartment of multidisciplinary interaction, which converges multiple

finalizzati «alla conoscenza della realtà fisica e alla successiva informazione e comunicazione delle operazioni» (Antiseri, 1986).

L'architettura è atto corale alla costruzione della quale contribuiscono numerosi attori, tutti protagonisti di uno spettacolo che va in scena ogni qual volta si decida di trasformare la realtà: in tale logica il progetto esecutivo rappresenta il luogo dove confluiscono tutte le energie umanistiche, scientifiche, tecniche, mirate a far sì che il miracolo della costruzione abbia a concretizzarsi nelle forme, nei modi e nei tempi più consoni rispetto alle istanze della contemporaneità.

REFERENCES

- Aceti, E. (1997), *Alle origini della rappresentazione*, Guerini e Associati, Milano, p. 13.
- Adorno, T.W. (1967), "Funktionalismus heute", relazione al Congresso del Deutscher Werkbund, Berlino 23 ottobre 1965, in *Ohne Leitbild. Parva Aesthetica*, Suhrkamp, Francoforte sul Meno (tr. it. di Franchetti, E., *Parva Aesthetica. Saggi 1958-1967*, Feltrinelli, Milano, 1979, pp. 114-115).
- Antiseri, D. (1986), "Verso una teoria non-giustificazionista della ragione", in Barbieri, G. and Vidali, P. (Eds.), *Metamorfosi. Dalla verità al senso della verità*, Laterza, Roma-Bari, pp. 111-133.
- Arrigoni, F.F.V. (2004), "Progetto, note sulle riflessioni di Massimo Cacciari", in Arrigoni, F.F.V., *Note su progetto e metropoli*, Firenze University Press, Firenze, pp. 11-16.
- Borutti, S. (1997), "Costruttivismo e progettualità. Una prospettiva epistemologica", in Nardi, G. (Ed.), *Aspettando il progetto*, FrancoAngeli, Milano, pp. 28-43.
- Borutti, S. (1999), *Filosofia delle scienze umane. Le categorie dell'Antropologia e della Sociologia*, Bruno Mondadori, Milano, pp. 99-100.
- competencies and professional skills, and a section that adopts progression, registration and information sharing systems to arrange, organise and anticipate both the execution and management phases, reaching the implementation of a currently non-existent model of reality, which is at most pre-figured.
- This is achieved through "reproduction", in simulative form, of the physical, dimensional and connective composition of systems, which contribute to the production and construction both of the overall project and of specific interfaces ("technical" and "organisational") between systems, components, elements and materials, besides the integration of "communication functions" and of "orientation functions", which provide guidance and instruction for concrete action (Elias, 1991, It. tr. 1998), based on "precision" practices to face "application to reality" (as a place of dominion of the imprecise and of "approximation"; Koyré, 1961, It. tr. 1967).
- In this sense, the executive project develops in depth as communication with supportive devices being drawn up as guidance for execution and to better control implementation during operation, based on information and on methods of scientific representation. Such supportive devices are produced in the form of instrumental aids and feature a symbolic, sophisticated language rich in connotations and encoded for visualisation and control of construction processes.
- A scientific representation, which interprets the construction of an architectural work and of its parts, proposing itself both as an *indicative* language for action within reality and concomitantly as *metaphoric* language capable of exposing the actual substance of objects: project drawings are thus "explanatory and planning tools" aimed «at knowing the physical reality and subsequently informing and communicating operations» (Antiseri, 1986). Architecture is a choral action constructed with the contribution of several actors, all protagonists of a show staged whenever the decision is made to transform reality: from such a perspective, the executive project is the place that converges all humanistic, scientific and technical energies focused on ensuring that the miracle of construction concretises in the most suitable shapes, modes and times required to meet contemporary needs.
- Cacciari, M. (1981), "Progetto", in *Laboratorio politico*, n. 2, mar-apr., pp. 88-119.
- Calvo, F. (1980), voce "Progetto", in *Enciclopedia*, Vol. XI, Einaudi, Torino, pp. 126-169.
- Ciribini, G. (1979), *Introduzione alla tecnologia del design. Metodi e strumenti logici per la progettazione dell'ambiente costruito*, FrancoAngeli, Milano, p. 10.
- Conti, L. (1994), "Possibilità realizzabili e potenzialità tecnologiche", in Baldini, M., Benvenuto, E. and Neufeld, K. (Eds.), *Luomo, la tecnica e Dio*, Centro Editoriale Dehoniano, Bologna, pp. 63-73.
- De Fusco, R. (1984), *Il progetto di architettura*, Laterza, Roma-Bari, p. 5.
- Elias, N. (1991), *The Symbol Theory*, Sage, Londra (tr. it. di Scoppola, E., *Teoria dei simboli*, il Mulino, Bologna, 1998, p. 202).
- Fadini, U. (2000), *Sviluppo tecnologico e identità personale. Linee di antropologia della tecnica*, Dedalo, Bari, p. 47.
- Faroldi, E. (1999), *Esperienze costruite. Temi e aforismi di architettura*, Libria Editore, Melfi.
- Faroldi, E. and Vettori M.P. (2019), *Dialoghi di architettura* (3° edizione in lingua italiana), LetteraVentidue, Siracusa.
- Falotico, A. (2003), *Cantiere e costruzione. Le strategie esecutive nella formazione del progetto di architettura*, Liguori, Napoli.
- Frampton, K. (1999), *Studies in Tectonic Culture. The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, The MIT Press, Cambridge, Mass. (tr. it. di De Benedetti, M., *Tettonica e architettura. Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*, Skira, Milano, 1999).
- Gregotti, V. (1988 2nd ed.), *Il territorio dell'architettura*, Feltrinelli, Milano, p. 159.
- Gregotti, V. (2002), *Architettura, tecnica, finalità*, Laterza, Roma-Bari, p. 78.
- Jacob, F. (1983), *Le jeu des possibles*, Fayard, Parigi (tr. it. di Garavini, D., *Il gioco dei possibili*, Mondadori, Milano, 1983, pp. 21-22).

- Habermas, J. (1968), *Technik und Wissenschaft als Ideologie*, Suhrkamp, Francoforte sul Meno (tr. it. di Donolo, C., *Teoria e prassi nella società tecnologica*, Laterza, Bari, 1969).
- Heidegger, M. (1953), *Die Frage nach der Technik*, in *Vorträge und Aufsätze*, Günther Neske, Pfullingen (tr. it. di Vattimo, G., *La questione della tecnica*, in *Saggi e discorsi*, Mursia, Milano, 1976, pp. 5-43).
- Koyré, A. (1961), *Du monde de l'«à-peu-près» à l'univers de la précision*, Colin, Parigi (tr. it. di Zambelli, P., *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino, 1967, pp. 90-111).
- Mangiarotti, A. (2000), *Il progetto di architettura. Dall'euristico all'esecutivo*, Libreria Clup, Milano.
- Mathieu, V. (Ed.) (2017), *Kant. Critica della ragion pura* (tr. it. di Gentile, G., Lombardo-Radice, G.), Laterza, Roma-Bari.
- Mazzarella, E. (2002), *Tecnica e Metafisica. Saggio su Heidegger*, Guida, Napoli, pp. 270-286.
- Motterlini, M. (1995), *Sull'orlo della scienza. Imre Lakatos, Paul K. Feyerabend. Pro e contro il metodo*, Cortina, Milano, p. 143.
- Nardi, G. (1991), "Il progetto euristico in architettura", in Nardi, G., *et al.*, *Latto progettuale. Struttura e percorsi*, CittàStudi, Milano, pp. 131-140.
- Nardi, G. (1994 6th ed.), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Angeli, Milano.
- Nardi, G. (1998), "Euristica e architettura", in Bonfantini, M., *et al.* (Eds.), *La vita inventiva*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, pp. 114-126.
- Nardi, G. (2000), voce "Tecnologie dell'architettura", in *Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti*, Appendice 2000, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, pp. 90-97.
- Papi, F. (1998), *La passione della realtà. Saggio sul fare filosofico*, Guerini, Milano.
- Peguiron, G. (1994), "Il progetto esecutivo in architettura", in La Creta, R. and Truppi, C. (Eds.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, FrancoAngeli, Milano, pp. 157-163.
- Popitz, H. (1995), *Der Aufbruch zur artifiziellen Gesellschaft*, Mohr, Tübingen (tr. it. di Auletta, G., *Verso una società artificiale*, Editori Riuniti, Roma, 1996).
- Robbins, E., *et al.* (1994), *Why architects draw*, The MIT Press, Cambridge, Mass, p. 297.
- Severino, E. (1998), *Il destino della tecnica*, Rizzoli, Milano.
- Spengler, O. (1931), *Der Mensch und die Technik*, Beck, München (tr. it. di Gurisatti, G., *L'uomo e la tecnica*, Guanda, Parma, 1992).
- Vegetti, M. (1986), "I greci e l'invenzione", in Boeri, R., Bonfantini, M.A. and Ferraresi, M. (Eds.), *La forma dell'inventiva*, Unicopli, Milano, pp. 197-204.
- Zanini, P. (1997), *Significati del confine*, Mondadori, Milano.

Tiziana Ferrante,

Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

tiziana.ferrante@uniroma1.it

Premessa

Se per opzioni culturali e/o esigenze editoriali questo numero di *Techne* è incentrato sulla sola “fase della progettazione” (in particolare solo quella “cantierabile”) questo non significa assolutamente che – all’interno del processo edilizio – tale fase non possa (anzi non debba) essere coordinata con quelle della “programmazione”, della “realizzazione” e quella “di esercizio” che, come peraltro richiede la stessa disciplina della Tecnologia dell’Architettura, debbono essere fra loro coerentemente saldate.

Questo significa che nel trattare peculiarità, criticità e potenzialità del progetto esecutivo si possa (anzi si debba) fare costante riferimento alle altre fasi ritrovando in quest’ultime ulteriori elementi, anche innovativi, che agevolino il lavoro di messa a fuoco del progetto esecutivo.

Molte sono le nuove e ulteriori esigenze che la società civile chiede di soddisfare e che quindi stanno modificando gli stessi contenuti di ogni fase di progettazione e altrettanto numerosi sono gli aggiornamenti che la Tecnologia dell’Architettura sta apportando in queste specifiche fasi, non solo evidentemente in termini di contenuti, ma anche (e soprattutto) in termini tecnici e culturali come, ad esempio, la saldatura con le fasi realizzative e gestionali. Riportando, ad esempio, quanto sostenuto da Andrea Campioli nel saggio nel Dossier di *Techne* n. 13 dal titolo “Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto”, riguardo ai contenuti: «[...] molteplici sono i fenomeni socio-economici che stanno inducendo profonde trasformazioni anche nella cultura tecnologica e nelle sue implicazioni con il progetto [...] la questione della sostenibilità, e la questione della sostenibilità ambientale in particolare impone un ridisegno dei confini delle

conoscenze, dei ruoli del progetto e dell’intera filiera sottesa ai processi di trasformazione dell’ambiente costruito».

«[...] Allo stesso tempo, la cultura tecnologica non è più circoscritta al tradizionale ambito delle costruzioni e impone il riferimento a molteplici trasversalità disciplinari e settoriali».

Riguardo inoltre alla saldatura con la fase di esercizio: «[...] la considerazione delle conseguenze indotte dalle scelte progettuali deve riguardare l’intero ciclo di vita di un manufatto preoccupandosi di individuare le soluzioni ottimali, non solo rispetto ai requisiti d’uso, ma anche in relazione ai diversi livelli di efficienza sociale, economica e ambientale che possono essere perseguiti lungo l’intera catena di valore».

«[...] La cultura tecnologica non riguarda più soltanto la consapevolezza delle caratteristiche dei materiali, delle tecniche costruttive e organizzative che consentono di realizzare un’idea, ma deve comprendere quegli strumenti di simulazione e valutazione che permettono di prevedere e misurare le prestazioni di una soluzione progettuale durante l’intero ciclo di vita».

Quanto sopra è stato oggetto di interesse anche dei contributi pervenuti per questo numero di *Techne*, che hanno privilegiato nell’ordine le seguenti tematiche:

- la sostenibilità ambientale;
- l’informazione agli operatori del processo ed alla committenza;
- il rapporto con “Industria 4.0”;
- la digitalizzazione;
- l’utilizzo di componenti prefabbricati (*off site*);
- la partecipazione della utenza (*open source*);
- il *facility management* in fase di esercizio.

Quindi, la fase di progettazione esecutiva, nel tenere conto di quanto su riportato deve ragionevolmente essere del tutto cor-

THE DETAILED DESIGN PROJECT. ROLE, OBJECTIVES, POTENTIAL

Premise

If due to cultural options and/or editorial requirements this number of *Techne* is centered exclusively on the “design phase” (in particular the one referred to construction), it doesn’t mean at all that - within the building process - such phase cannot (or better should not) be coordinated with the “scheduling”, “realization” and “operational” phases which, as required by the Architectural Technology discipline, should be coherently bound to each other.

It means that while dealing with peculiarities, criticalities, and potential of the project’s blueprints, we can (or better we should) constantly refer to the other phases, detecting in them further elements, maybe even innovative ones, which can facilitate the definition of the executive project. The new requirements set by civil society, which

are modifying the contents of each design phase, are numerous; the Architectural Technology updates in terms of contents, but also (a most of all) in technical and cultural terms - e.g. the link with realisation and management phases - are equally numerous.

Taking as an example what Andrea Campioli says about the contents in his essay in *Techne* Dossier n.13, entitled “Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto”: «[...] molteplici sono i fenomeni socio-economici che stanno inducendo profonde trasformazioni anche nella cultura tecnologica e nelle sue implicazioni con il progetto [...] la questione della sostenibilità, e la questione della sostenibilità ambientale in particolare impone un ridisegno dei confini delle conoscenze, dei ruoli del progetto e dell’intera filiera sottesa ai processi di trasformazione dell’ambiente costru-

ito». «[...] Allo stesso tempo, la cultura tecnologica non è più circoscritta al tradizionale ambito delle costruzioni e impone il riferimento a molteplici trasversalità disciplinari e settoriali»¹.

And in relation to the issue of linkage with the operational phase: «[...] la considerazione delle conseguenze indotte dalle scelte progettuali deve riguardare l’intero ciclo di vita di un manufatto preoccupandosi di individuare le soluzioni ottimali, non solo rispetto ai requisiti d’uso, ma anche in relazione ai diversi livelli di efficienza sociale, economica e ambientale che possono essere perseguiti lungo l’intera catena di valore». «[...] La cultura tecnologica non riguarda più soltanto la consapevolezza delle caratteristiche dei materiali, delle tecniche costruttive e organizzative che consentono di realizzare un’idea, ma deve comprendere quegli strumenti di sim-

rispondente e adeguata soprattutto ai contenuti del progetto di fattibilità tecnica ed economica (il primo livello secondo il nuovo Codice dei contratti) procedendo, conseguentemente, verso il progetto definitivo.

Progetto esecutivo e contesto operativo

Entrando nel dettaglio: rispetto a quanto oggi si registra in relazione alle criticità nella fase realizzativa indotte proprio da incompletezze e/o limiti (veri o presunti) dal progetto esecutivo, esse riguardano frequentemente carenze riguardo una compiuta e puntuale 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 cantiere¹. Ingegnerizzazione che passa attraverso non solo la redazione di accurati elaborati grafici di dettaglio (anche questi non sempre adeguati), ma anche qui attraverso la coerenza tra questi e specifiche tecniche di natura prestazionale descritte nei capitolati, nonché nella correlazione con i rispettivi contenuti di natura economica.

Tra le criticità più evidenti, soprattutto nei contenziosi tra progettisti e imprese appaltatrici (non escludendo mai però le criticità espresse da una certa Committenza non sempre adeguata) ricorrono appunto le contestazioni riguardanti progetti esecutivi che dovrebbero essere sviluppati a un livello di definizione in grado di rendere identificabile ogni elemento nella forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo, ma che in realtà producono (magari non solo per motivi tecnici) aggravii di tempi e costi in fase di realizzazione dei lavori.

A tale proposito si veda il comma 4 dell'art. 26 del D.Lgs. 50/16

ulazione e valutazione che permettono di prevedere e misurare le prestazioni di una soluzione progettuale durante l'intero ciclo di vita»².

The above issue was also the subject of interest for the other contributors to this *Techné* number, which privileged the following topics:

- environmental sustainability;
- informing process operators and clients;
- relationship with "Industry 4.0";
- digitalization;
- prefabricated components (*off-site*) use;
- user participation (*open source*);
- *facility management* during the operational phase.

Therefore, considering the above, the detailed design phase should correspond and be adapted to the contents of the technical and economic feasibility project (the first level accord-

ing to the new Codice dei contratti), proceeding towards the final design project.

Detailed design project and operative context

Based on what we register today about the criticalities of the building phase caused by the detailed design project incompleteness and limits (real or presumed), they often concern the lack of architectural, structural and HVAC system related aspects, against the need to represent in detail the engineering of all the work that ought to be executed on site³.

Engineering process which encompasses not only the elaboration of detailed drawings (also these are not always adequate) but also the coherence among the latter and technical specifications linked with performance requirements described in the project

che contiene un elenco dettagliato degli ambiti su cui debbono soffermarsi gli organismi accreditati o i soggetti incaricati della verifica del progetto, imponendo particolare attenzione alla verifica de:

- la completezza della progettazione;
- la coerenza e completezza del quadro economico in tutti i suoi aspetti;
- l'appaltabilità della soluzione progettuale prescelta;
- i presupposti per la durabilità dell'opera nel tempo;
- la minimizzazione dei rischi di introduzione di varianti e contenzioso;
- la possibilità di ultimazione dell'opera entro i termini previsti;
- la sicurezza delle maestranze e degli utilizzatori;
- l'adeguatezza dei prezzi unitari utilizzati;
- la manutenibilità delle opere, ove richiesta.

Non secondaria, proprio alla luce delle precedenti considerazioni, la trascuratezza che perdura dall'epoca della sua introduzione circa il "piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" a corredo del progetto esecutivo, da redigere "in relazione al ciclo di vita dell'opera stessa" ma che, molto frequentemente, si rifa a schematismi e riproposizioni acritiche di format poco congruenti rispetto alla specificità ed alle nuove esigenze dell'opera da realizzarsi.

Sempre e solo sotto un profilo tecnico, ulteriori incoerenze/scollamenti possono invece riguardare il progetto esecutivo e il progetto di fattibilità, qualora venisse trascurato il rapporto tra le analisi/verifiche effettuate in tale sede² e quanto il progetto esecutivo deve rappresentare in termini dettagliati di inserimento dell'opera da realizzarsi nel contesto urbanistico e di effetti del cantiere sul paesaggio, sulla popolazione e sul traffico.

specifications, as well as the correlation with economic contents.

Among the most obvious criticalities – especially in litigations between designers and contractors (without the exclusion of criticalities expressed by inappropriate clients) – we often come across disputes about detailed drawing projects which should have been developed with high levels of detail to allow the identification of each element in its form, typology, quality, dimension and price. But, instead, they produce delays and extra costs during the building phase (not exclusively due to technical reasons).

To this regard see comma 4, art. 26, D.Lgs. 50/16, which contains a detailed list of the specific areas that accredited bodies and entities carrying out project verification tasks should concentrate on, paying particular attention to the following:

- project's completeness;

- coherence and completeness of the financial framework in all its aspects;
- possibility of procurement of the selected project;
- suitable prerequisites that guarantee the project's durability;
- minimisation of risks of variants and litigations occurring;
- the possibility to complete the work within the foreseen time allocation;
- workers' and users' safety;
- the adequacy of the applied unitary prices;
- the possibility to maintain the artefact when requested.

In light of the above considerations, also the careless attitude around the introduction of the "maintenance plan for the artefact and its parts" as a supporting document of the detailed project is important. The plan ought to be drafted "based on the building's

01 |



life cycle², but often it ends up being a schematic and acritical document, not in line with the specificities and new needs of the artefact.

Under a technical profile, further incoherence can come as a result of a detachment between detailed design project and feasibility project when the relationship between analysis/verification operations carried on site⁴ is neglected, and when the detailed drawing project must represent the introduction of the artefact in the urban context and the effects of the construction site on the surrounding landscape, people, and traffic.

Not only. We will also have to verify how much all these verifications, supported by suitable calculations, will be reflected on construction and operational phases, to avoid the proliferation of unfinished works across the entire national territory⁵.

It also means that while dealing with peculiarities, criticalities and potential of the detailed design project we cannot (we should not) refer to a strictly technical vision of the project in the building process, its phases, operators, even if it is an integrated and “renewed” vision. Instead, we should consider the context first, following a sustainable social, economic, and environmental vision, following the E.S.G. (*Environmental, Social and Governance*) principles.

Development/elaboration recurring criticalities

After the conclusion of this long, but imperative, digression and to identify the recurring criticalities of the detailed design development/elaboration, we can use as a guide the text of the *call* in the attempt of identifying a logical thread to correlate compe-

tences, rules and tools. The latter, together and in synergy, can guarantee the definition of a detailed design project capable of meeting the political plan objectives and guaranteeing (if exhaustive) coherence with the other levels of design, finding its spot in an environmental, social, and economic sustainability context.

Reconsidering the current scenario evolving around the detailed design project through the four topics identified by the *call*, the following emerges what emerges is that, based on some recurring and interesting aspects which characterize the current political and scientific debate, we need to reflect on: the minimum environmental criteria (C.A.M.); on how the detailed design project can through its contents represent the new demand in relation to social sustainability; if, and in what way, “4.0 Industry” (if correctly

implemented) can solve the problems we have exposed so far; what is the possible Public/Private Partnership (PPP) role given the chronic lack of public funding, considering above all maintenance and management costs; what is the role of new tools, such as B.I.M., which – with its diversified operative modalities – can concretely facilitate the pursuit of the objectives; last but not least, what are the application limits and the possibilities of the integrated contract⁶.

In the *call*, for simplicity and clarity purposes, the relationship between detailed design project and “environmental sustainability”, “social sustainability” and “economic sustainability”, has been separated to leave more room for a deeper investigations (the PPP, the new “Codice dei contratti”, new tools such as B.I.M., “4.0 Industry”, the integrated contract, etc.).

Non solo. Bisognerà anche appurare quanto tutte queste verifiche, supportate da appropriati calcoli, si rifletteranno sulle fasi costruttive e di esercizio, per evitare, su tutto il territorio nazionale, la proliferazione di opere incompiute³.

Questo, tra l'altro, significa che nel trattare peculiarità, criticità e potenzialità del progetto esecutivo non si possa (anzi non si debba) fare costante riferimento solamente a una visione tecnica, ancorché integrata e "innovata" del progetto nel processo edilizio, delle sue fasi, dei suoi operatori, ma si debba tenere conto in via prioritaria del contesto e secondo una visione sostenibile sotto il profilo sociale, ambientale ed economico, secondo i principi dello E.S.G. (*Environmental, Social and Governance*).

Questo è appunto uno dei motivi che obbliga a saldare le fasi della progettazione con quelle della realizzazione e soprattutto di esercizio.

Criticità ricorrenti nello sviluppo/elaborazione

Conclusa questa doverosa, anche se lunga divagazione, al fine di rilevare le criticità ricorrenti

nello sviluppo/elaborazione esecutiva, si può entrare in tema utilizzando come guida il testo della *call* e si tenterà di individuare in questa sede un filo logico che consenta di correlare competenze, regolamenti e strumenti che, nel loro insieme e sinergicamente, possono maggiormente garantire la messa a punto di un progetto esecutivo in grado di soddisfare gli obiettivi predefiniti in fase di pianificazione politica e di garantire (se esauriente e completo in tutte le sue parti) la necessaria coerenza con gli altri livelli di progettazione, per collocarsi opportunamente in un contesto di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Riprendendo attraverso i quattro *topic* della *call*, lo scenario

The correct interpretation and execution of the detailed design project

Resuming now the exhibition thread on construction design, the contributors concern the following issues: a) methods; b) competences; c) stools; d) results.

Following this logic, we ask a set of questions. Among these questions, even if in a disorganised sequence and as an example, we mention the following:

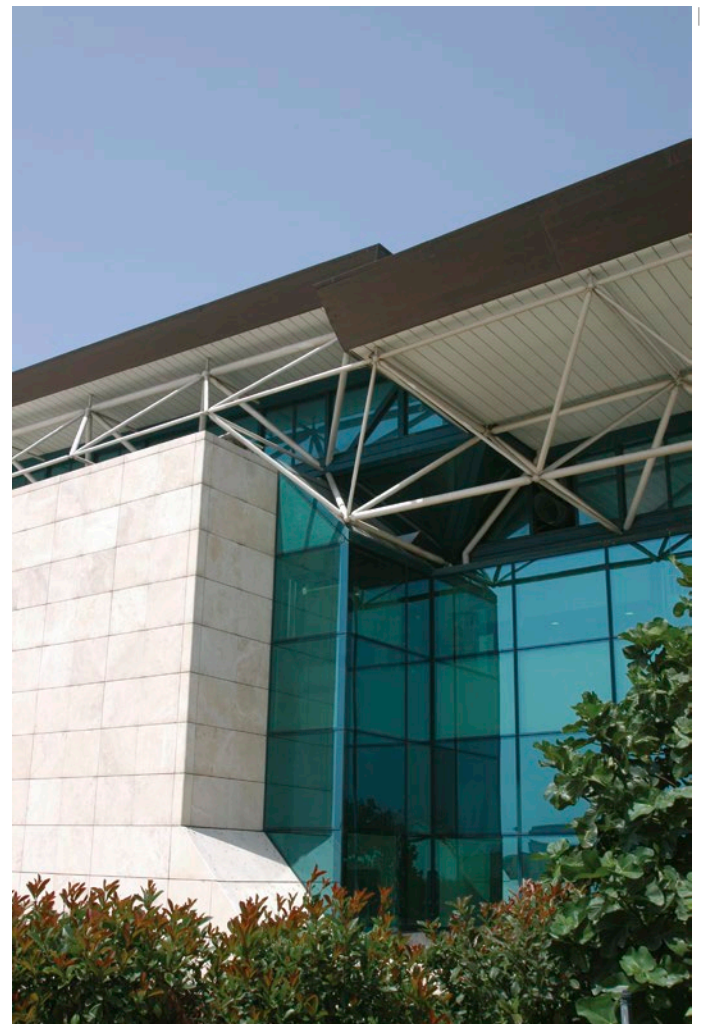
- what are the characteristics of a well-detailed design project?
- is the evaluation of the quality of a project a result of the validation of the blueprints, which is not merely a check-list that ought to be applied by the contractor, or else...?
- if it is not a given that a well-executed detailed design project generates a well-executed construction work, then what is the actual difference

between blueprints and as-built?

- what is the coherency level between architectural, HVAC systems' and structural drawings?
- could criticalities (delays, work suspension, low-quality products, cost increase, the inadequacy of the product for the demand, etc.) emerge during the construction phase?

Moreover, we must take into account (for both the detailed design project and the construction of the artefact) the role of certain operators (clients, designers, contractors, inspection bodies, etc.) during the management phase. We must consult these operators (singularly or through their respective associations, like ANCE, OICE, etc.) to acquire more and more concrete information and evaluations on the criticalities/potential occurring daily and "today".

entro cui si colloca oggi la progettazione esecutiva, emerge che, sulla base di alcuni aspetti, di continuo ricorrenti e di sicuro interesse che connotano l'attuale dibattito politico e scientifico, si pone l'esigenza di svolgere alcune riflessioni, fra le altre, ad esempio, sui criteri ambientali minimi (C.A.M.); su come il progetto esecutivo riesca, attraverso i suoi contenuti, a rappresentare la nuova domanda in rapporto alla sostenibilità sociale; se, e in che misura, l'"Industria 4.0" riesca (se ben attuata) a risolvere i problemi fin qui esposti; quale il possibile ruolo del Partenariato Pubblico/Privato (PPP) a fronte della cronica carenza di finanziamenti pubblici, soprattutto tenendo presenti i problemi della manutenzione e gestione; quale il ruolo di nuovi strumenti, quali il B.I.M. che, nelle sue ormai diversificate e articolate modalità operative, possano concretamente agevolare il perseguimento degli obiettivi posti; infine – *last but not*





04

Among them, the long-standing maintenance and management problem, still not 'practised' as a relevant content of the detailed design project, during a phase when the building product is shifting its status from 'good' to 'service': it's enough to think that digitalization is the main transformative factor towards sustainability and circularity.

Presumably by the next decade, all the structural, building and HVAC system components, will be 'sesorized' and 'interconnected'; they will 'communicate' among themselves and with home appliances and furniture, and with the users themselves, returning information about human beings and hence transforming real estate in *Services*.

Moreover, and above all, real criticalities and potential that characterise the shift towards "4.0 Industry".

The above does not mean that work

has come to a conclusion. There are different points of view, surely and strongly extra-disciplinary, capable of contributing to and enriching the debate. They concern other subjects, in particular, the relationship they have with "what has been executed" under the architectural profile and how they "perceive" it.

As a matter of fact, the overall quality of a real estate property, mainly if valued in terms of "use" and not in terms of future "sale", is not solely the result of a technical elaboration, it can acquire different meanings based on the logic (historical, philosophical, social, etc.) through which it is read, lived and used.

Not only.

The experience of what is intended as "detailed design project" in fields different from Architecture, such as painting, music, etc., can be useful to

reflect upon the importance of realization and 'fruition' of the generated work: the "interpretation variables", "recodification of a representation by the performer", or the "compliance with the original idea".

Concerning these issues, we invited some famous experts to express their opinion in the *Dossier* section. These experts operate in different Architectural Technology sectors, and they outlined the added value of their competencies in terms of "building project" quality (not just technical quality) for its better fruition, communication capacity, etc.

Here are some examples.

In his essay, the journalist/painter *Gregorio Botta* states that «un'opera è un sogno che - attraverso un faber - diviene realtà, viene alla luce»⁷.

Also, this is true for all works. Moreover, making a joke, *Botta* tells us that

the same sentence «I had a dream», was used in the commercial where Architect *Massimiliano Fuksas* declared the start of construction work for the new Eur Congress Centre.

The Architect *Francesca Storaro*, lighting designer, centres the problem of the detailed design project, underlining how though the language of light it is possible to describe Architecture, painting, and sculpture «[...] una forma di comunicazione che, nel garantire la percezione degli oggetti può trasmettere storia, cultura ed emozione»⁸.

She supports the idea that there is a magical relationship between light and architecture; each one helps the other to reveal itself.

Equally interesting is the point of view of the composer *Damiano D'Ambrosio* who analyses affinities and differences between music and architecture in his

Intercontinental Airport "Leonardo da Vinci" of Rome - Fiumicino - Boarding Area A (2015-2016), Detail of the north side façade section. Working Drawings: Studio Valle Progettazioni S.r.l.

least – quali i limiti e le possibilità di applicazione dell'appalto integrato⁴.

Nella call, per semplicità e chiarezza espositiva, il rapporto fra progetto esecutivo e "sostenibilità ambientale", "sostenibilità sociale" e "sostenibilità economica" è stato volutamente tenuto separato per consentire, tra l'altro, un adeguato spazio ai necessari approfondimenti (il PPP, Il nuovo Codice dei contratti, i nuovi strumenti come il B.I.M., "Industria 4.0", l'appalto integrato, ecc.).

La corretta interpretazione ed esecuzione del progetto esecutivo

Riprendendo ora il filo espositivo sulla progettazione cantierabile la risposta che i contributi pervenuti, e sui quali si concorda, affrontano questioni di: a) metodi; b) competenze; c) strumenti; d) risultati.

da, affrontano questioni di: a) metodi; b) competenze; c) strumenti; d) risultati.

In questa logica si pongono alcune domande, tra cui, sia pure in una sequenza disordinata e a titolo esemplificativo le seguenti:

- quali le caratteristiche di un 'buon' progetto esecutivo?
- la valutazione della qualità di quanto realizzato è frutto della validazione del progetto esecutivo, che però non è solo una *check-list* da applicare a opera della stazione appaltante, oppure...?
- se non è scontato che un progetto esecutivo "ben fatto" dia luogo a un'altrettanta "ben fatta" realizzazione: in cosa consiste la differenza tra "progetto esecutivo" e *as-built*?
- quale il livello di coerenza tra elaborati architettonici, impiantistici e strutturali?
- le criticità (ritardi, sospensione lavori, cattiva qualità del prodotto, incremento dei costi, inadeguatezza del prodotto in

essay: music through the evanescent existence and the ethereal nature of sound, and architecture through the solidity of its forms and matter, both required to erect buildings.

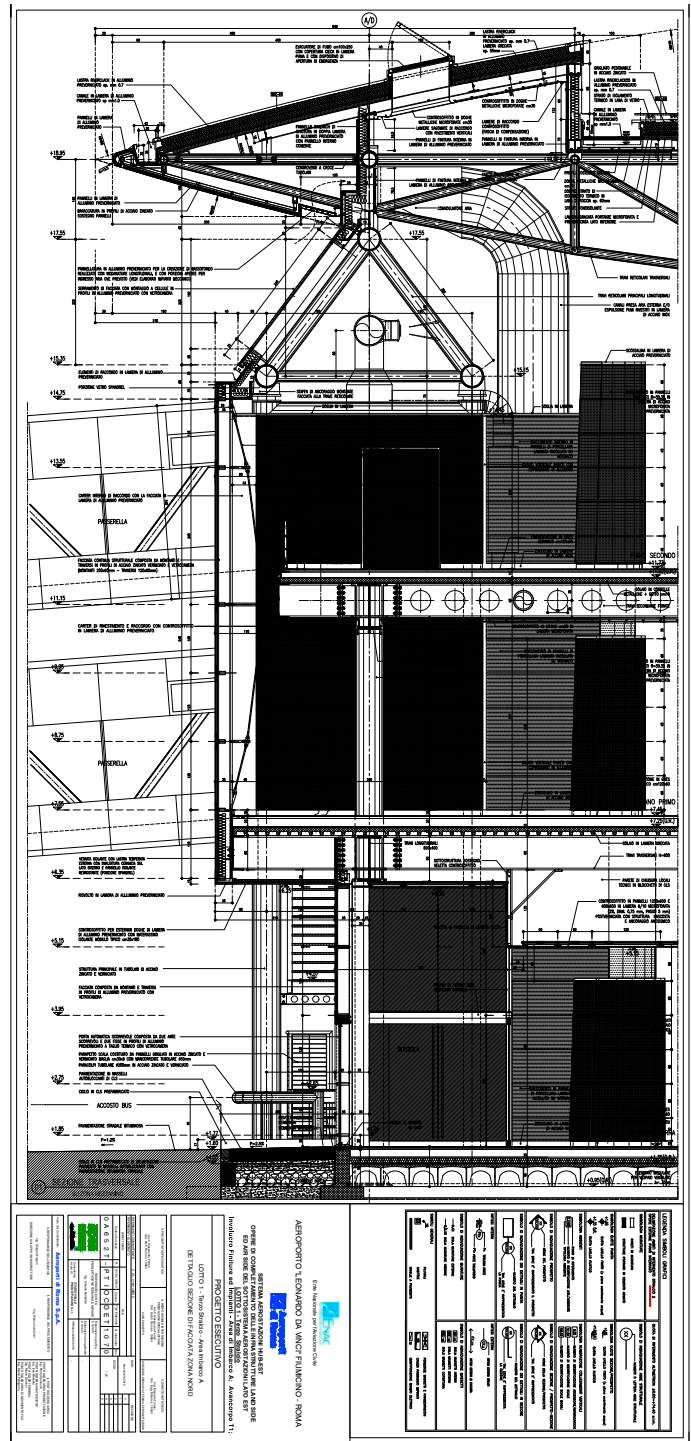
Always in the musical field *Giorgio Pradella*, orchestra conductor, while underlining the importance of the correlation between idea and execution, defines as "music project" what appears, written in a music score, similar to the detailed design project elaborated by the architect.

In the opening part of the *Dossier*, we included the important testimony of *Studio Valle progettazioni* which – thanks to a long-lasting professional experience – cannot refrain from underlining the criticalities (several) and the potential (few) of the technical legislative aspects (they believe these are "more than secular") involved in the preparation of detailed design projects.

They also believe that some operators are not used to such projects, and are hostile towards them because they believe that the engineering of an idea leads to the negation of the idea itself.

However, extending the topic to the "digital" aptitude of the detailed design project, *Studio Valle progettazioni* underlines that the potential of the "blueprints" will not be fully expressed if not through B.I.M. The latter brings advantages not so much as a technical design tool (*Building Information Model*), but rather as a methodological tool of the design process (*Building Information Modelling*).

They also specify that this is the only mean suitable to guarantee "integrated design" – imposing full project information sharing and improved coordination among stakeholders – combining all the building applications (architectural, structural, system-re-



lated, cost-related and environmental sustainability-related, etc.).

With this last note, I conclude the presentation of the *Dossier*, which is not meant to propose a "stance in favor of", but rather to stimulate points of view as much as possible, to involve the operators (whoever they are), to facilitate the transfer of experience, to listen, and to reflect.

We hope we were successful.

NOTES

¹ Translation by the author: «[...] the socio-economic phenomena that are deeply transforming cultural technology and its implications for the project are numerous [...] sustainability, and the environmental sustainability issue in particular, impose a redesign of the knowledge boundaries, of the project's role and of the entire built environment transformation process».

² Translation by the author: «[...] the consideration of consequences

rapporto alla 'domanda, ecc.) potrebbero emergere in fase di cantierizzazione?

Va inoltre tenuto conto del ruolo (sia per il progetto esecutivo che per la realizzazione dell'opera) che, per la successiva fase di gestione, viene svolto da determinati operatori (la Committenza, i Progettisti, le Imprese, gli Organi di controllo, ecc.) che vanno interpellati (o singolarmente oppure attraverso le rispettive associazioni tipo ANCE, OICE, ecc.) al fine di acquisire ulteriori (e ancor più concrete) informazioni e valutazioni sulle criticità/potenzialità che si rilevano quasi quotidianamente e "oggi".

Fra queste, l'annoso problema della manutenzione e gestione, ancora poco 'praticate' come contenuti rilevanti nel progetto esecutivo, in una fase in cui il prodotto edilizio sta passando da 'bene' a 'servizio': basti pensare che la digitalizzazione è il principale fattore trasformativo nella direzione della sostenibilità e della circolarità. Presumibilmente, entro il prossimo decennio, tutti i componenti strutturali, edilizi e impiantistici degli immobili potranno essere 'sensorizzati' e interconnessi; 'dialogheranno' tra loro, con gli elettrodomestici e con gli arredi, nonché con gli occupanti/utenti, restituendo molte informazioni sui comportamenti degli esseri umani, e quindi trasformando il prodotto immobiliare in *as a Service*. Inoltre, ma soprattutto, le criticità e le potenzialità reali del passaggio a "Industria 4.0".

Ma tutto questo lavoro non basta: esistono altri punti di vista, sicuramente e marcatamente extradisciplinari in grado di contribuire ad arricchire il dibattito e che riguardano altri soggetti e, in particolare, il rapporto che hanno con "quanto eseguito" sotto il profilo architettonico e come viene da loro "percepito".

Infatti, la qualità complessiva di un bene edilizio, soprattutto se valutato in termini di "utilizzo" e non di futura "vendita", non è

solo il frutto di un'elaborazione "tecnica", ma può assumere altri significati a seconda delle logiche (storica, filosofica, sociale, ecc.) con le quali viene letto, vissuto, fruito.

Non solo.

La stessa esperienza di ciò che viene inteso come "progetto esecutivo" in altri campi diversi dall'architettura quali la pittura, la musica, ecc. può essere utile per farci riflettere sull'importanza di questioni che riguardano la realizzazione e la "fruizione" di un'opera che – con le opportune differenze – vengono a generarsi: quella "delle variabili nell'interpretazione", della "decodifica di una rappresentazione da parte dell'esecutore" oppure della "fedeltà rispetto a un'idea originaria".

Con questo intento, riguardo a tali questioni, sono stati invitati a esprimersi nel *Dossier* alcuni esperti di chiara fama che operano in settori differenti dalla Tecnologia dell'Architettura e che hanno illustrato il valore aggiunto che le loro competenze possono suggerirci in termini di qualità (non solo tecnica) del "prodotto edilizio" riguardo ad una sua migliore fruizione, maggiore capacità di comunicazione, ecc.

Nel suo saggio, il giornalista/pittore *Gregorio Botta* sostiene che «un'opera è un sogno che – attraverso un *faber* – diviene realtà, viene alla luce». E questo vale per tutte le opere. Peraltro, scherzando, racconta che la stessa frase «Ho fatto un sogno», veniva riportata dalla pubblicità con cui l'architetto *Fuksas* annunciava l'avvio della costruzione del nuovo Centro Congressi all'Eur.

Francesca Storaro, architetto, *lighting designer*, centra – ovviamente – il problema del progetto esecutivo sottolineando come attraverso il linguaggio della luce, sia possibile raccontare l'architettura, la pittura e la scultura «[...] una forma di comunicazio-

brought about by design choices must concern the entire life cycle of the artefact and be concerned with detecting optimal solutions, not only based on the operational requirements, but also based on the different levels of social, economic, and environmental efficiency, which can be pursued along the entire value chain».

«[...] Technological culture doesn't concern exclusively awareness of material characteristics, and construction and organizational techniques, which allow to concretize an idea; instead, it should include simulation and evaluation tools aimed at foreseeing and measuring a design solution's performance throughout the entire life cycle of the artefact».

³ In this respect see the Exhibition catalogue "L'Art du chantier. Construire et démolir du 16e au 21e siècle" held in Paris from the 9th until the 11th of

March 2018, at the Galerie haute des expositions temporaires, announced with the following slogan: «Between saying and doing there is a construction site; Architects, and not only they, know».

⁴ See the contents of the Feasibility study introduced by the new Codice dei contratti (Contract Code).

⁵ See surveying of the unfinished national and regional works referred to the data relative to the year 2017 published on the 30th of June 2018 on the website of the Infrastructure and Transportation Ministry: <http://sistema-informativo-di-monitoraggio-delle-opere-incompiute-0>.

⁶ Integrated Contract/Appalto Integrato: article 35 of the "decreto correttivo" introduces article 59 of the "Codice dei contratti" the commas 1-bis e 1-ter reported below: «1-bis. Le stazioni appaltanti possono ricor-

rere all'affidamento della progettazione esecutiva e dell'esecuzione di lavori sulla base del progetto definitivo dell'amministrazione aggiudicatrice nei casi in cui l'elemento tecnologico o innovativo delle opere oggetto dell'appalto sia nettamente prevalente rispetto all'importo complessivo dei lavori ovvero in caso di affidamento dei lavori mediante procedura di partenariato [...]. Moreover the recent "Decreto Legge" 18 April 2019 n. 32 (c.d. Decreto Sblocca Cantieri) in art. 1, comma 1, lett. II foresees the amendment of the 216, comma 4-bis of the "Codice dei contratti", adding after the first paragraph the following: «il divieto di cui all'art. 59 comma 1, non si applica altresì alle opere i cui progetti definitivi sono approvati dall'organo competente entro il 31 dicembre 2020 con pubblicazione del bando entro i successivi dodici mesi

dall'approvazione dei predetti progetti. [...] Il soggetto incaricato della progettazione esecutiva non può assumere le funzioni di direttore dei lavori in relazione al medesimo appalto».

⁷ Translation: "a work is a dream that – though a *faber* – becomes reality, comes to light".

⁸ «[...] a communication form capable of transmitting history, culture, and emotions while guaranteeing the perception of objects».

ne che, nel garantire la percezione degli oggetti può trasmettere storia, cultura ed emozione».

Sostiene ancora che esiste un rapporto magico fra luce e architettura, ognuna aiuta l'altra a rivelarsi.

Altrettanto interessante il punto di vista del compositore *Damiano D'Ambrosio*, che nel suo saggio analizza affinità e differenze tra musica e architettura: la prima attraverso la sua evanescente esistenza e la natura eterea del suono, la seconda attraverso la solidità delle sue forme e della materia richiesta per innalzare edifici.

Sempre in ambito musicale, *Giorgio Pradella*, direttore d'orchestra, nel sottolineare l'importanza della correlazione tra dimensione ideativa ed esecutiva, definisce "progetto in musica" quanto trascritto in una partitura musicale in analogia a quanto un architetto elabora l'esecutivo di un progetto da realizzare.

In apertura al presente *Dossier*, l'importante testimonianza dello *Studio Valle progettazioni* che, ovviamente, sulla base di una prestigiosa e pluriennale esperienza professionale, non può non sottolineare le criticità (molte) e le potenzialità (poche) degli aspetti tecnico legislativi («più che secolari», sostiene) nella predisposizione dei progetti esecutivi ai quali una certa parte degli operatori non solo non è abituata ma, forse, è addirittura ostile secondo la logica in base alla quale si ritiene che l'ingegnerizzazione di un'idea comporti la sua negazione.

Ma in compenso lo *Studio Valle progettazioni*, poiché estende la tematica alla predisposizione "digitale" dei progetti esecutivi, sottolinea che le potenzialità del "progetto esecutivo" non potranno esplicitarsi compiutamente se non attraverso il B.I.M. sottolineandone i vantaggi non tanto come strumento tecnico di progetto (*Building Information Model*), ma come strumento metodologico del processo di progettazione (*Building Information Modeling*).

Precisa inoltre che questo – nell'imporre la piena condivisione delle informazioni di progetto e un maggior coordinamento tra i diversi *stakeholders* – è il solo mezzo idoneo a garantire una vera "progettazione integrata", coniugando tutte le istanze realizzative (architettoniche, strutturali, impiantistiche, di costo, di sostenibilità ambientale ecc.).

Con questa ultima nota, si conclude la presentazione del *Dossier*, che non ha inteso proporre una "presa di posizione a favore di", quanto invece stimolare il più possibile punti di vista, far parlare gli operatori (quali che essi siano), facilitare la trasmissione di esperienze, ascoltare, riflettere.

Nella speranza di esserci riusciti.

NOTE

¹ Si veda a tale proposito il Catalogo della mostra "L'Art du chantier. Construire et démolir du 16e au 21e siècle" tenutasi a Parigi dal 9 novembre 2018 all'11 marzo 2019 presso la Galerie haute des expositions temporaires di Parigi, annunciata con lo slogan: «Tra il dire e il fare c'è di mezzo il cantiere; lo sanno gli architetti e non solo loro».

² Vedasi i contenuti dello Studio di fattibilità previsti dal nuovo Codice dei contratti.

³ Cfr. rilevazione delle opere incompiute nazionali e regionali riferita ai dati dell'anno 2017 pubblicati al 30 giugno 2018 sul sito del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: <http://sistema-informativo-di-monitoraggio-delle-opere-incompiute-0>.

⁴ Appalto Integrato: l'articolo 35 del decreto correttivo inserisce nell'articolo 59 del Codice dei contratti i commi 1-bis e 1-ter il cui testo è il seguente: «1-bis. Le stazioni appaltanti possono ricorrere all'affidamento della progettazione esecutiva e dell'esecuzione di lavori sulla base del progetto definitivo dell'amministrazione aggiudicatrice nei casi in cui l'elemento tecnologico o innovativo delle opere oggetto dell'appalto sia nettamente prevalente rispetto all'importo complessivo dei lavori ovvero in caso di affidamento dei lavori mediante procedura di partenariato [...]». Inoltre il recente Decreto Legge 18 aprile 2019 n. 32 (c.d. Decreto Sblocca Cantieri) all'art. 1, comma 1, lett. II prevede la modifica del 216 comma 4-bis del Codice dei contratti, inserendo, dopo il primo periodo: «il divieto di cui all'art. 59 comma 1, non si applica altresì alle opere i cui progetti definitivi sono approvati dall'organo competente entro il 31 dicembre 2020 con pubblicazione del bando entro i successivi dodici mesi dall'approvazione dei predetti progetti. [...] Il soggetto incaricato della progettazione esecutiva non può assumere le funzioni di direttore dei lavori in relazione al medesimo appalto».

Tommaso Valle, Cesare Valle,
Architetto, Studio Valle Progettazioni

valle@studiovalle.com

Il presente contributo si pone l'obiettivo di inserirsi nell'attuale dibattito speculativo riguardante la più recente evoluzione legislativa in merito ai diversi livelli di progettazione, con particolare riguardo alla progettazione esecutiva.

La stessa, infatti, così come conosciuta e sviluppata fino a oggi, deve ormai considerarsi obsoleta a motivo dei nuovi sviluppi digitali che costituiranno la vera sfida del nostro immediato futuro. Pertanto, più che soffermarsi sui ruoli e le caratteristiche organizzative del processo di produzione 'classico' di un progetto esecutivo, si è deciso di provare ad affrontare in maniera critica gli ultimi interventi legislativi inerenti il nostro Codice degli appalti e i nuovi strumenti (digitali) disponibili.

Negli ultimi anni l'attenzione verso gli strumenti progettuali, collegati soprattutto al complesso dei processi realizzativi dell'architettura, sono tornati infatti di estrema attualità dopo l'emanazione di direttive a scala europea mirate all'efficientamento del sistema produttivo.

Il cardine normativo è costituito dalla Direttiva 2014/24/EU del Parlamento Europeo e del Consiglio, approvata in data 26 febbraio 2014, la quale indicava chiaramente, nello specifico con l'art. 22 comma 4, che gli Stati membri dell'UE «possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, come gli strumenti di Building Information electronic Modeling o simili, entro l'anno 2016».

L'intenzione di adottare un modello informativo digitale derivante dal sistema industriale si prefiggeva l'obiettivo di far diminuire sensibilmente le perdite economiche in fase produttiva, ma soprattutto in fase manutentiva, a motivo del carente coordinamento tra le fasi programmatiche dell'intervento (*progettazione preliminare - definitiva - esecutiva*) tradizionalmente

di stretto controllo e competenza della Stazione appaltante e quelle realizzative giocoforza dipendenti dall'attività autonoma dell'"esecutore" che non può mai essere circoscritto nella pura e semplice figura di *nudus minister*.

Ora, la strutturazione organica degli adempimenti e delle metodiche da utilizzarsi per una corretta realizzazione dell'opera costruenda è sempre stata oggetto, nel nostro Paese, di una specifica attenzione e si fonda, infatti, su di un'elaborazione normativa più che secolare¹.

Nondimeno il Legislatore di recente ha voluto approfondire e ripensare alcuni aspetti, sia di carattere tecnico che giuridico, che potessero, partendo da una prospettiva più ampia e più moderna, andare a incidere sulla qualità globale del processo edilizio.

Il 14 marzo 2019, infatti, è stata pubblicata dall'Ente Italiano di Normazione (UNI) la norma UNI EN ISO 19650:2019, dal titolo: "Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi - Parte 2: Fase di consegna degli immobili"².

Dunque la stessa norma UNI 11337 di recepimento tecnico della Direttiva 2014/24/EU, peraltro ancora in via di completamento³, dovrà essere completamente rivisitata per tutto quanto eventualmente in contrasto con la UNI EN ISO 19650.

Tale norma va a riformulare, infatti, sia gli aspetti generali del processo BIM e sia il flusso informativo della fase di sviluppo del progetto di un bene immobiliare. In particolare, la prima parte inquadra il flusso informativo del processo edilizio nel più ampio orizzonte del *Project Management*, indicando schematicamente le norme quadro di riferimento, mentre la seconda parte, invece,

THE CRITICALITY OF TECHNICAL-LEGISLATIVE ASPECTS IN THE DIGITAL PREPARATION OF EXECUTIVE DESIGNS

The present contribution aims at inserting itself in the current debate concerning the most recent legislative evolution regarding the different gradations of design, with particular regard to the production of the Executive Design.

The same, in fact, as it is known and developed to date, must now be considered obsolete because of the new digital developments that will constitute the real challenge of our immediate future.

Therefore, rather than dwelling on the roles and organisational characteristics of the "classic" production process related to the Executive Design, it was decided to try to critically deal with the latest legislative interventions concerning our Tender Procurement Code and new available (digital) tools. In recent years, the focus on design tools, linked above all to the complex

construction process of architecture, have in fact returned to an extreme relevance especially after the issue of European-wide directives aimed at improving the efficiency of the production system.

The normative cornerstone is constituted by Directive 2014/24 / EU of the European Parliament and of the European Council, approved on 26 February 2014, which indicate clearly and specifically with article 22 at paragraph 4, that EU Member States «may introduce the requirement of specific digital software, such as the Building Information Modelling tools or similar, by the year 2016».

The intention was to adopt a digital information model derived from an industrialised system that aims to reduce significantly economic loss during the production phase, but above all, during the maintenance phase, due

to the lack of coordination between the previous programmatic phases [Preliminary, Definitive and Executive Design] of the intervention. These are traditionally under the strict control and competence of the Contracting Authority for what concerns the tender period and those under the strict control during implementation, which are dependent on the autonomous activity of the Contractor, who can never be limited to the pure and simple figure of "nudus minister".

Now, the organic structure of the both the fulfilment and methods to be used for a correct realisation of the building work has always been the object, in our country, of specific attention and is based, in fact, on a more than secular organisation of building standards and regulations¹.

Nevertheless, the Legislators recently wanted to investigate and rethink cer-

entra più specificatamente all'interno del processo informativo occupandosi degli attori protagonisti, precisandone relativi ruoli e funzioni all'interno della filiera.

Tuttavia già l'anno precedente, nel mese di maggio 2018⁴, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti aveva reso nota la bozza di decreto attuativo del Codice Appalti sui tre livelli di progettazione, recante la «Definizione dei contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali» ai sensi dell'articolo 23, comma 3 del Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50.

Come noto, ai sensi dell'art. 23, comma 1 del Codice Appalti, la progettazione in materia di lavori pubblici si articola secondo 3 livelli di successivi approfondimenti tecnici:

1. Progetto di fattibilità tecnica ed economica;
2. Progetto definitivo;
3. Progetto esecutivo.

La progettazione così suddivisa è intesa ad assicurare:

- il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- la conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza;
- un limitato consumo del suolo;
- il rispetto dei vincoli idrogeologici, sismici e forestali nonché degli altri vincoli esistenti;
- il risparmio e (l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera), nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;

tain aspects, both technical and legal, that could, starting from a broader and more modern perspective, go on to affect the overall quality of the building process.

In fact, on March 14, 2019 the UNI EN ISO 19650: 2019 standard was published by the Italian Organisation for Standardisation (UNI), entitled: "Organisation and digitalisation of information relating to construction and civil engineering works, which includes Building Information Modelling (BIM) – management of information through Building Information Modelling - Part 1: Concepts and principles - Part 2: Delivery phase for buildings"²².

Therefore, the same UNI 11337 standard of technical transposition of Directive 2014/24 / EU, which is still being completed³, must be completely revised for everything that may be in conflict with UNI EN ISO 19650.

This rule reformulates both the general aspects of the BIM process and the information flow of the development phase of a real estate project. In particular, the first part frames the information flow of the building process in the broader horizon of the context of Project Management, and schematically indicates a framework for references rules, while the second part enters more specifically within the information management process and deals with the various protagonists, specifying their roles and functions within the supply chain.

However, the previous year, in May 2018⁴, the Ministry of Infrastructure and Transport had published their draft implementation decree for the Tender Procurement Code on three levels, which contains the «Definition of the contents of the design in the three principle project levels» pursuant

- la compatibilità con le preesistenze archeologiche;
- la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;
- la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;
- l'accessibilità e adattabilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

Rispetto al vecchio Codice Appalti, la novità consisteva nel rafforzamento della fase preliminare che veniva arricchita di una serie di nuovi adempimenti.

In attuazione del Codice Appalti, a base di gara, doveva ancora essere messo il "progetto esecutivo" al fine di evitare imprevisti, rallentamenti e varianti nelle fasi più avanzate.

Senza voler entrare nel merito dell'analisi dei contenuti dei primi due livelli di progettazione si deve evidenziare che la bozza del decreto riaffermava chiaramente che il progetto esecutivo dovesse essere redatto in conformità al progetto definitivo e dovesse determinare in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto ed il cronoprogramma, in piena coerenza con quanto già indicato nel progetto definitivo.

Peraltro, l'art. 33, comma 1 del D.P.R. 207/2010 già al momento della sua formulazione chiaramente statuiva che «il progetto esecutivo costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e, pertanto, definisce compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare. Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamento, nonché i calcoli e i grafici relativi alle opere provvisori. Il progetto è redatto nel pieno rispetto del progetto

to article 23, paragraph 3 of Legislative Decree 18 April 2016, n. 50.

As known, pursuant to article 23, paragraph 1 of the Tender Procurement Code, the planning in the field of public works is structured in accordance to three sequential levels of technical investigations:

1. Technical and economic feasibility of the project;
2. Definitive design of the project;
3. Executive design of the project.

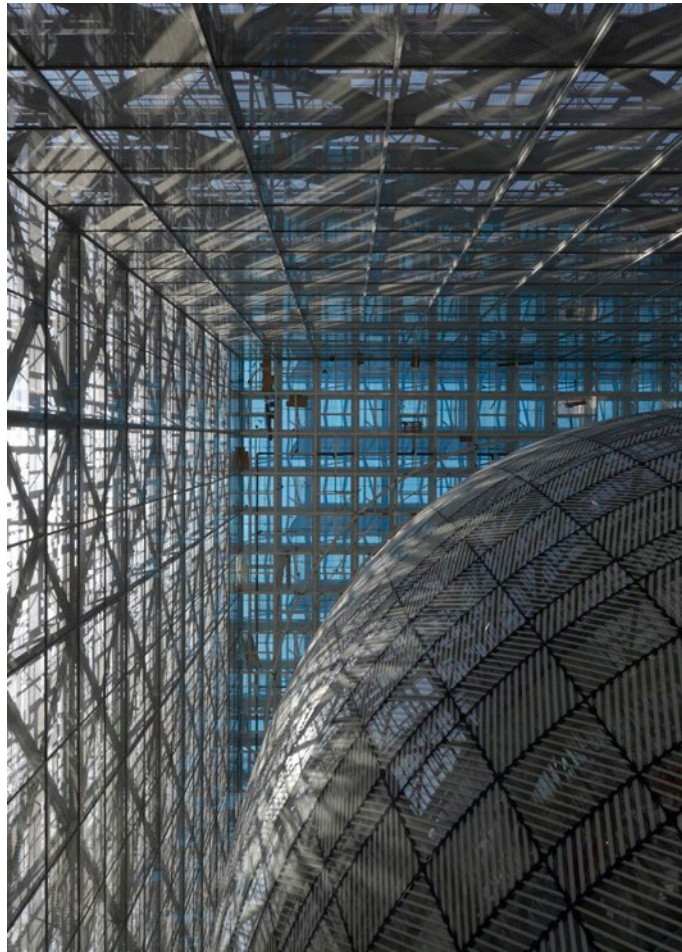
In this manner the design activity is intended to ensure that the project:

- meets the needs of the community;
- the architectural quality as well as the technical and functional relationships are aligned with the context of the project;
- compliance with environmental, urban planning and the protection of cultural heritage and landscape assets, as well as compliance with the

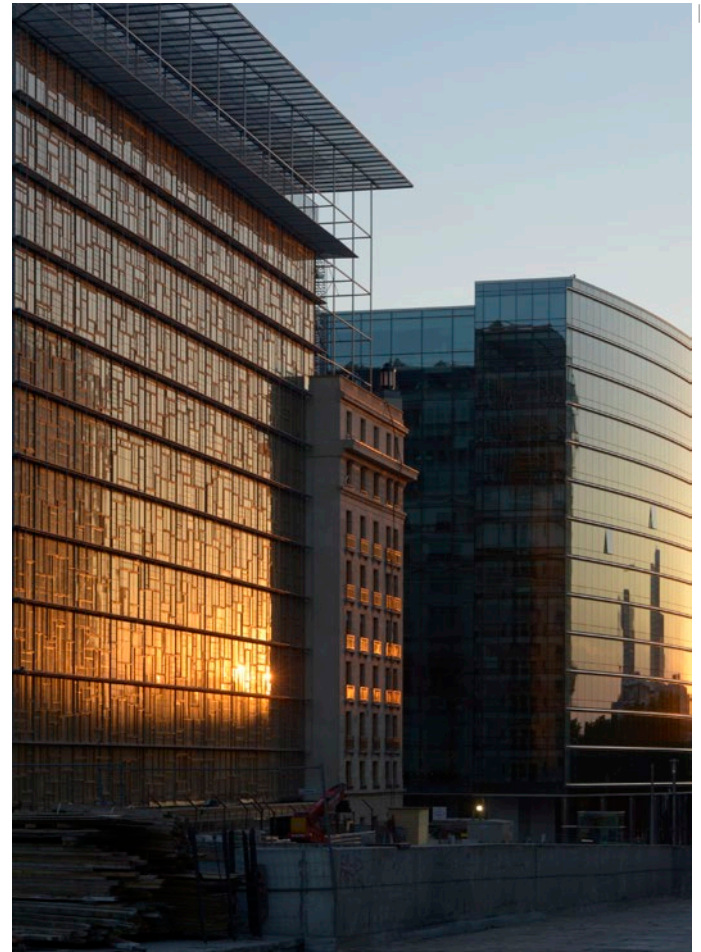
provisions of the legislation for the protection of health and safety;

- limited land use;
- compliance with hydrogeological, seismic and forestry constraints as well as any other existing constraints;
- savings (energy efficiency and recovery during the realisation and subsequent lifecycle of the project), as well as the assessment of the life cycle and the maintainability of the project;
- compatibility with any pre-existing archaeological sites;
- the rationalisation of design activities and related checks and verifications through the progressive use of specific digital methods and tools such as BIM for construction and infrastructure;
- the geological, geomorphological, hydrogeological compatibility of the project;

01 | Nuova Sede del Consiglio dell'Unione Europea, Bruxelles, Belgio (2007-2016). Foto interno. Team: Samyn and Partners, Studio Valle Progettazioni architects. Buro Happold engineering. Partners: Philippe Samyn and Tommaso Valle for architecture; Nick Nelson for engineering. Foto di Georges De Kinder
New Headquarters of European Union Council, Brussels, Belgium (2007-2016). Internal photo. Team: Samyn and Partners, Studio Valle Progettazioni architects. Buro Happold engineering. Partners: Philippe Samyn and Tommaso Valle for architecture; Nick Nelson for engineering. Photo by Georges De Kinder



02 | Nuova Sede del Consiglio dell'Unione Europea, Bruxelles, Belgio (2007-2016). Foto esterno. Team: Samyn and Partners, Studio Valle Progettazioni architects. Buro Happold engineering. Partners: Philippe Samyn and Tommaso Valle for architecture; Nick Nelson for engineering. Foto di Georges De Kinder
New Headquarters of European Union Council, Brussels, Belgium (2007-2016). External photo. Team: Samyn and Partners, Studio Valle Progettazioni architects. Buro Happold engineering. Partners: Philippe Samyn and Tommaso Valle for architecture; Nick Nelson for engineering. Photo by Georges De Kinder



- accessibility and adaptability in accordance to the provisions in force regarding architectural barriers. Compared to the old Tender Procurement Code, the novelty consists in strengthening the Preliminary Phase, which is enriched with a series of new obligations. The implementation of the Tender Procurement Code, includes the use of the Executive Design as the basis for the tender in order to limit unforeseen events, slowdowns and variations in the more advanced phases. Without entering into a detailed analysis of the contents of the previous two levels of design, it must be pointed out that the draft decree clearly reaffirmed that the Executive Design should be drawn up in accordance with the Definitive Design in that it should clearly determine every detail the work to be carried out, the relative expected cost

and the chronological time schedule for their implementation in full compliance with what was already indicated in the Definitive Design. Moreover, article 33, paragraph 1 of D.P.R. 207/2010 already, at the time of its formulation, stated clearly that «the Executive Design constitutes the fully engineered design of both the works and processes and, therefore, must completely define in every detail the architecture, the structure and the technological plant of the intervention to be carried out. Only the operational site plans, supply and logistic plans, as well as the calculations and drawings related to any provisional works are excluded. The Executive Design is drawn up in full compliance with the Definitive Design as well as the specific provisions expressed in the qualifications or during the assessment for urban zoning compliance, or an even-

tual joint services conference or of any environmental compatibility ruling, if any»⁵. Moreover, precisely because of the now complete and developed structure of the Tender Procurement Code, as well as to the decades of experience gained in the field carried out by the public administration, the President of the National Anti-Corruption Authority (ANAC), Mr Raffaele Cantone, who intervened during the Public Works Commission of the Senate, on 31 July 2018, where he defended the centrality of the Executive Design and its effect on the implementation process. «When the Definitive and Executive Designs are done well it is almost impossible to make variations, open disputes and recover the discounts made during the Tender». The same Association of Organisations for Architecture, Engineering

and Technical-Economic Consultants (OICE)⁶, in a speech published in the magazine *Edilizia e Territorio* on 20 July 2018, took a clear position on the proposed amendments to the Tender Procurement Code for public contracts presented by the National Association of Building Contractors (ANCE) and National Association of Italian Municipalities (ANCI) and, in particular, on the subject of the extension of the contract integrated and the “simplification” for the award of engineering and architectural services. For President Gabriele Scicolone, «the changes to the Tender Procurement Code for public contracts must be functional and aimed to relaunch both spending capacity and investments, but we firmly believe that the centrality of the Executive Design is one of the most important elements contained in the Code, which has moreover, a

definitivo nonché delle prescrizioni dettate nei titoli abilitativi o in sede di accertamento di conformità urbanistica, o di conferenza di servizi o di pronuncia di compatibilità ambientale, ove previste»⁵.

Pertanto, proprio in forza della compiuta e ormai matura strutturazione del Codice, grazie anche all'esperienza decennale sul campo effettuata dalle pubbliche amministrazioni, lo stesso Presidente dell'ANAC Raffaele Cantone, intervenendo in Commissione lavori pubblici del Senato, in data 31.07.2018, poteva difendere la centralità del "progetto esecutivo" e le sue ricadute nel processo costruttivo:

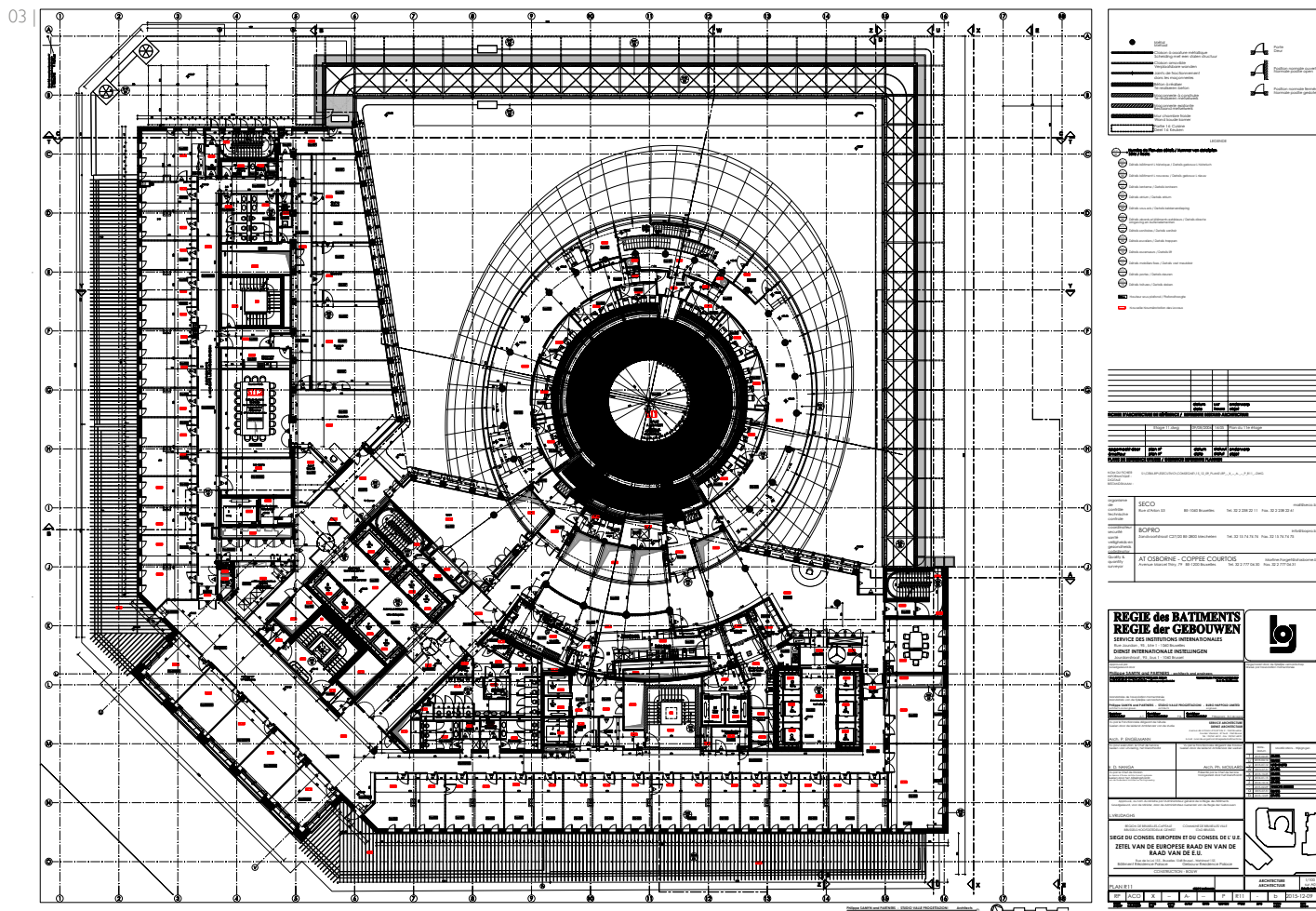
«Quando i Progetti definitivi ed esecutivi sono fatti bene è quasi impossibile fare varianti, aprire contenziosi e recuperare i ribassi fatti in gara».

La stessa OICE⁶, in un intervento pubblicato sulla rivista Edilizia e Territorio del 20.07.2018, aveva preso una chiara posizione sulle proposte di modifiche al Codice dei contratti pubblici

presentate da ANCE e ANCI e, in particolare, sul tema dell'ampliamento dell'appalto integrato e della "semplificazione" degli affidamenti di servizi di ingegneria e architettura.

Per il Presidente Gabriele Scicolone: «le modifiche al Codice dei contratti pubblici devono essere funzionali a rilanciare la capacità di spesa e gli investimenti, ma rimaniamo fermamente convinti che la centralità del Progetto esecutivo sia uno degli elementi di maggiore rilievo contenuti nel Codice, che ha peraltro determinato un forte aumento della domanda pubblica di ingegneria di cui hanno beneficiato tanti professionisti, studi e società di ingegneria, oltretutto la collettività per effetto di un miglioramento della qualità della progettazione».

In cotal quadro si impone ora all'attenzione, con particolare evidenza, l'approvazione del D.L. n. 32/2019, *Norme in materia di contratti pubblici, di accelerazione degli interventi infrastrutturali e di rigenerazione urbana* (cosiddetto "Sblocca cantieri"), pubblicato in Gazzetta Ufficiale in data il 18 aprile 2019.



Al Capo 1, art. 1 il Decreto prevede, infatti, modifiche importanti al Codice Appalti.

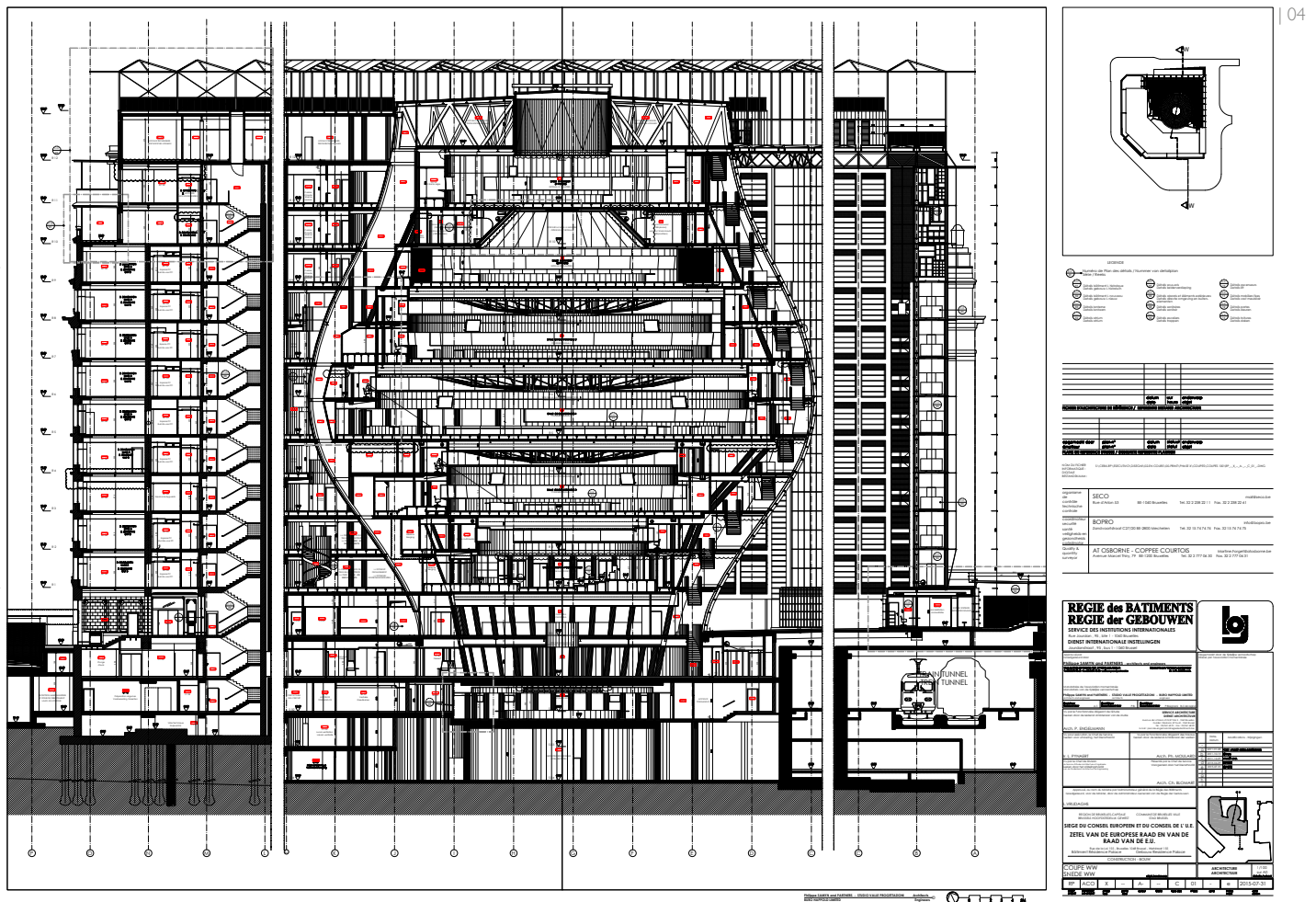
I primi 5 commi dell'art. 1 modificano l'art. 23 del Codice Appalti relativo ai livelli della progettazione per le concessioni di lavori nonché per i servizi oltre a molte altre modifiche. Si stabilisce, per esempio, che il nuovo Regolamento dei lavori pubblici debba essere varato entro 180 giorni dall'entrata in vigore del Decreto legge e cioè entro il 16 ottobre 2019.

In particolare poi il vecchio comma 3-bis, dell'art. 23, è sostituito dal seguente: «I contratti di lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria, ad esclusione degli interventi di manutenzione straordinaria che prevedono il rinnovo o la sostituzione di parti strutturali delle opere o di impianti, possono essere affidati, nel rispetto delle procedure di scelta del contraente previste dal presente codice, sulla base del progetto definitivo costituito almeno da una Relazione generale, dall'Elenco dei prezzi unitari delle lavorazioni previste, dal Computo metrico-estimativo, dal Piano

di sicurezza e di coordinamento con l'individuazione analitica dei costi della sicurezza da non assoggettare a ribasso. L'esecuzione dei predetti lavori può prescindere dall'avvenuta redazione e approvazione del Progetto esecutivo».

In pratica, tutti i lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria, purché non prevedono interventi strutturali e/o impiantistici, potranno essere effettuati con la sola progettazione definitiva; salta quindi l'obbligo di redigere il progetto esecutivo per tali lavori. Quali, dunque, il ruolo e gli obiettivi e le potenzialità della "progettazione esecutiva" alla luce di codesti aggiornamenti e puntualizzazioni normative?

Innanzitutto, in accordo con il Dott. Cantone, sembra opportuno dover riaffermare con forza che la necessaria coerenza delle informazioni all'interno di un progetto passa obbligatoriamente attraverso il suo naturale processo di approfondimento che, partendo dal progetto definitivo, finisce per esprimersi proprio nel progetto esecutivo.



Sappiamo bene per esperienza che quando un'opera a consuntivo viene a costare fino al doppio del preventivato, come alcuni casi eclatanti registrati proprio in Italia, dobbiamo ammettere con onestà intellettuale che il problema non risiede in una qualsivoglia carenza normativa ma, invero, in una non adeguata progettazione soprattutto a livello di dettaglio.

Vera cultura del progetto è, infatti, un'attenzione adeguata alla fase esecutiva della progettazione; un livello di progettazione a cui una certa parte degli operatori non solo non è abituata ma, forse, è addirittura ostile secondo la logica in base alla quale si ritiene che l'"ingegnerizzazione" di un'idea debba necessariamente sostanziare la sua negazione anziché, come insegnano bene i disegni di Leonardo da Vinci, costituirne la sua esaltazione fino al suo concreto, futuro, divenire.

La progettazione esecutiva riporta al centro la figura del "progettista" ed elimina quella zona d'ombra, quel margine d'incertezza dove possono fiorire le opere extra-Capitolato con gli inevitabili costi aggiuntivi; un livello di approfondimento progettuale che deve consentire di poter prevedere in anticipo le difficoltà esecutive e di risolverle, con il contributo magari di un'adeguata elaborazione del piano di sicurezza e coordinamento, prima di arrivare in cantiere, in maniera tale da generare ricadute positive sia sul costo totale dell'opera, sia sul livello generale di sicurezza degli addetti.

Un approfondimento progettuale fondamentale, dunque, per assicurare la completa valorizzazione dei contenuti anche immaginifici di un progetto, evitando che le idee progettuali possano naufragare sugli scogli della loro necessaria cantierizzazione.

In quest'ottica, dunque, le potenzialità del progetto esecutivo non potranno esplicitarsi compiutamente se non nell'ambito di



strong increase in the public engineering demand, which benefits the many professionals, design studios and engineering companies, as well as our communities as a direct result of improved quality of design».

Within this framework, the approval of the Legislative Decree is now required with particular attention. n. 32/2019 - Rules on public contracts, acceleration of infrastructural interventions, and urban regeneration (the so-called "Unblock Work Sites decree"), published in the Gazzetta Ufficiale on 18 April 2019. In Chapter 1, article 1 the Decree provides, in fact, important changes to the Tender Procurement Code.

The first 5 paragraphs of the article 1 modify article 23 of the Tender Procurement Code relating to the levels of design for works concessions as well as for services in addition to many other modifications. For example, the new

Public Works Regulations establish the approval within a period of 180 days from the entry into force of the Law Decree, i.e., by 16 October 2019.

In particular, the old paragraph 3-bis, of the article 23, is now replaced by the following: «Contracts for ordinary and extraordinary maintenance work, with the exception of extraordinary maintenance work involving the renewal or replacement of structural parts of works or their technological plant, may be entrusted, in compliance with the procedures for choosing the contractor provided for in this code, on the basis of the Definitive Design that consists in at least a General Report, a List of Unit Prices of the planned works, a detailed Bill of Quantities, a Health and Safety Coordination Plan complete with the analytical identification of the safety costs not to be subjected to discount. The execution of

the aforementioned works can be considered regardless of the preparation and approval of the executive project». In practice, all the ordinary and extraordinary maintenance works, provided that they do not involve structural and/or technological plant interventions, can be implemented with information at the Definitive Design level. Therefore, there is no obligation to produce an Executive Design for these works.

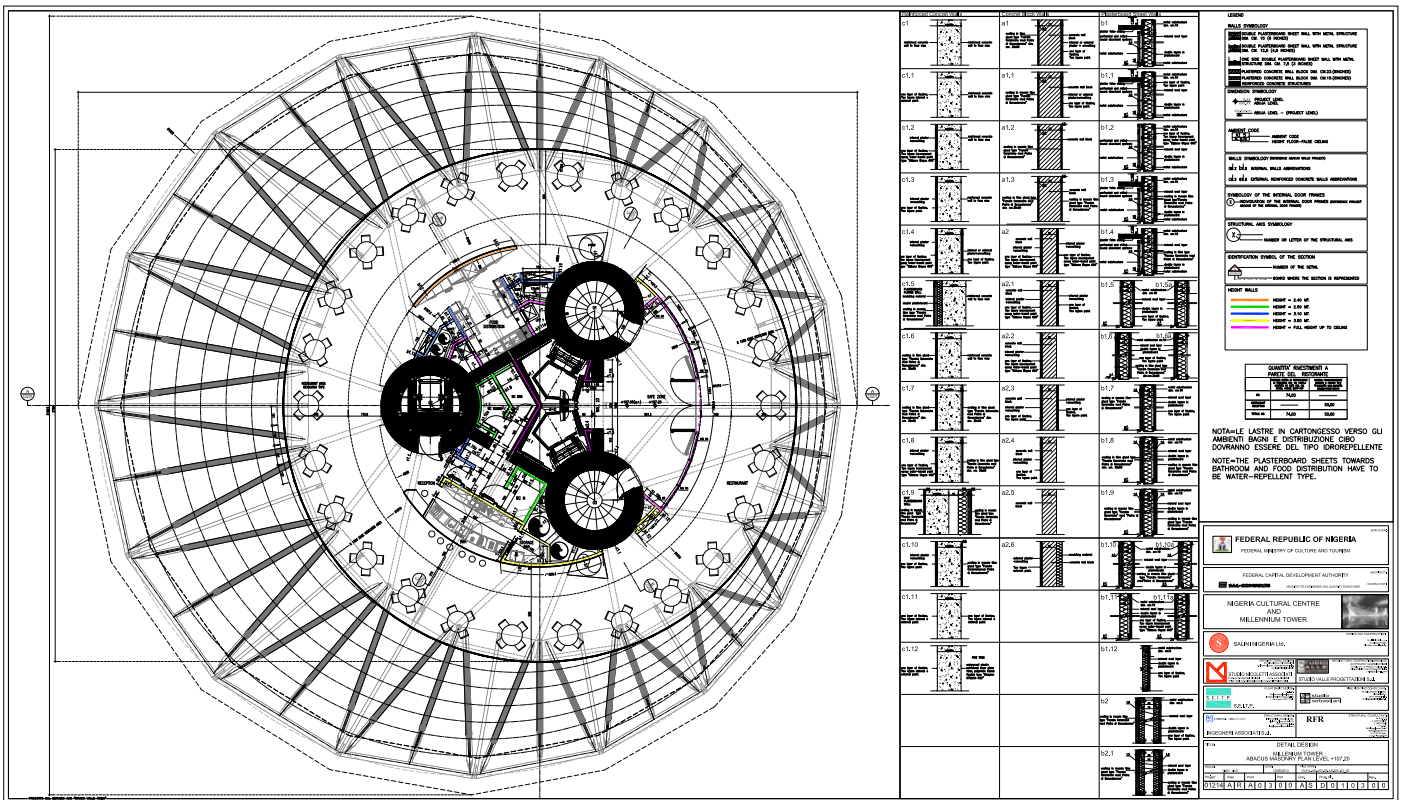
What then is the role, the objectives and the potential of Executive Design in light of these regulatory updates and clarifications?

First of all, and in agreement with Dr Cantone, it seems appropriate to strongly reaffirm that the necessary coherence of information within any project passes necessarily through its natural process of development which, starting from the Definitive Design,

ends up expressing itself within the Executive Design.

We know well from experience that when a project is completed and finalised, and its budget is up to almost double the amount originally budgeted, as some striking cases registered in Italy, we must admit with intellectual honesty that the problem does not lie in any lack of legislation but, indeed, in the inadequate planning especially in terms of detail.

In fact, a correct culture of design is found in the adequate attention to the development of details throughout the Executive Design phase; a level of design to which a certain portion of the operators is not only unaccustomed to but, perhaps, is even hostile towards in accordance to their logic, which believes that the engineering of an idea must necessarily substantiate its negation rather than, as is taught well in the



una sempre più rapida ed efficace implementazione del BIM, non tanto come strumento tecnico di progetto (*Building Information Model*), ma come strumento metodologico del processo di progettazione (*Building Information Modeling*). La disponibilità di un modello virtuale, infatti, può consentire a tutte le discipline professionali, impegnate nelle varie fasi di progettazione, realizzazione e gestione di una costruzione, di ef-

fettuare simulazioni, analisi e controlli (*code checking, clash detection, ecc.*) che sono effettivamente in grado di minimizzare gli interventi correttivi in fase di esecuzione. Tale passaggio impone tuttavia la piena condivisione delle informazioni di progetto e un maggior coordinamento tra i diversi *stakeholders*. Questo è il solo mezzo idoneo a garantire una vera "progettazione integrata" in special modo in fase di progettazio-

drawings of Leonardo da Vinci, to constitute its exaltation up to its concrete, future and transformation. The Executive Design positions the figure of the designer at the centre and eliminates any area of shadow, or margin of uncertainty where extra-contract works can flourish with the inevitable additional costs. A level of in-depth planning must allow us to anticipate all difficulties in the implementation of the Executive Design and resolve them, perhaps with the help of an adequate elaboration of the health and safety coordination plan, before arriving on site, in such a way as to generate positive effects for both the total cost of the work and the general health and safety level for the workers. Therefore, a fundamental design analysis must be carried out to ensure the complete enhancement of the project's imaginative contents and avoid that

the design ideas sink on the metaphorical rocks of their respective construction sites. Therefore, from this point of view, the potential of the Executive Design cannot be fully explained except as part of an increasingly rapid and effective implementation of the Building Information Model (BIM) not so much as a technical project tool, but as a methodological tool used throughout the design process. In fact, the availability of a virtual model permits all professional disciplines involved in the various phases of design, construction and management of a building, to carry out simulations, analyses and controls (*code checking, clash detection, etcetera*) that are actually able to minimise costly corrective actions during the execution phase. However, this step requires the full sharing of project information and

greater coordination between the various stakeholders. This is the only means of guaranteeing a true "integrated design" especially in the Executive Design phase when all the implementation requests (architectural, structural, technological plant, cost, environmental sustainability etcetera) must reasonably find their mutual satisfaction. In this regard, it is a real pity that the attempt of the INNOVANCE to «create a free access database containing all the information, regardless if it is technical, scientific, economic, legal in nature as well as anything else useful for the construction and facility maintenance industry»⁷. The system could have effectively permitted the networking of all interested parties within the supply chain around a common database aimed to facilitate the circulation of know-how between

the different parties involved and, consequently, optimise every phase of the implementation process: from design to the production of components, from construction on site to the testing, commissioning and handover for use, as well as the management and maintenance of the building. For each phase of the process, it was envisaged that the database contained all the procedures and products (components and results) for the implementation chain (works, works, resources, etcetera) and that these were uniquely coded, described and identified. This information was collected and shared and transparently with each operator involved within the implementation process in order to fully optimise the entire "building system", from the designer's drawing board, through the construction site and concluding with the end user.

ne esecutiva, quando tutte le istanze realizzative (architettoniche, strutturali, impiantistiche, di costo, di sostenibilità ambientale ecc.) devono ragionevolmente trovare la loro reciproca soddisfazione.

E proprio a questo proposito è un vero peccato che si sia arenato, prima di arrivare felicemente a destinazione, il tentativo del programma INNOVance di «creare una banca dati di libero di accesso contenente tutte le informazioni, siano esse di natura tecnica, scientifica, economica, legale e quant'altro, utili alla filiera delle costruzioni»⁷.

Il sistema avrebbe potuto effettivamente consentire la messa in rete di tutti gli attori della filiera attorno a una banca dati comune al fine di facilitare la circolazione del know-how tra i differenti soggetti coinvolti e, di conseguenza, ottimizzare ogni fase del processo costruttivo: dalla progettazione alla produzione di componenti, dalla realizzazione in cantiere fino all'uso, gestione e manutenzione del manufatto edilizio.

Nella Banca dati, per ciascuna fase del processo, si prevedeva infatti che venissero codificate, descritte e nominate in modo univoco tutte le procedure e i prodotti (componenti e risultanti) della filiera delle costruzioni (opere, lavori, risorse ecc.), attraverso schemi di raccolta delle informazioni condivisi e trasparenti per tutti gli operatori del settore, al fine di ottimizzare in senso compiuto l'intero "sistema edificio", dal tavolo da disegno del progettista, passando per il cantiere e fino all'utente finale.

Il programma INNOVance, peraltro, andava proprio nella direzione indicata dallo stesso art. 53, *Verifica della documentazione* del Regolamento del Codice Appalti del 2010 ove al comma 5 si statuiva, nell'ambito dell'attività di verifica del soggetto preposto al controllo dei documenti progettuali previsti dalla Parte II, Titolo II, Capo I, per ciascun livello della progettazione, l'obbligo

Moreover, INNOVANCE went in the same direction indicated by the Article 53 - Verification of the documentation related to the rules and regulation of the Tender Procurement Code from 2010, where in paragraph 5, it was established as part of the verification activity for the person assigned the responsibility to check the project documents under Part II, Title II, Chapter I, for each level of the design, the obligation to «verify that the design choices constitute a suitable solution in relation to the durability of the work in the conditions of use and maintenance provided» and, more in particular:

«d) for graphical drawings, to verify that each element, identifiable within the drawings, is described in geometric terms and that, if its characteristics are not declared, it is uniquely identified through a code or through another identification system that can put it in

reference to the description of other documents, including performance and chapter documents;

e) for the Specifications, the performance documents, and the Contract Scheme, to verify that each element, identifiable on the graphic drawings, is adequately qualified within the performance and chapter documentation».

The desirable implementation of the INNOVANCE database, within this precise context in which it becomes necessary to review all the parts of UNI 11337 in the light of the aforementioned UNI EN ISO 19650: 2019, could finally permit different operators within the same process to share and use, in a consistent logic of BIM interoperability, constantly updated product and process information without data loss and without the need to continuously check for their consistency. However, while awaiting the restart of

di «verificare che le scelte progettuali costituiscano una soluzione idonea in relazione alla durabilità dell'opera nelle condizioni d'uso e manutenzione previste» e, più nello specifico:

«d) per gli elaborati grafici, di verificare che ogni elemento, identificabile sui grafici, sia descritto in termini geometrici e che, ove non dichiarate le sue caratteristiche, esso sia identificato univocamente attraverso un codice ovvero attraverso altro sistema di identificazione che possa porlo in riferimento alla descrizione di altri elaborati, ivi compresi documenti prestazionali e capitolari; e) per i Capitolati, i documenti prestazionali, e lo Schema di contratto, di verificare che ogni elemento, identificabile sugli elaborati grafici, sia adeguatamente qualificato all'interno della documentazione prestazionale e capitolare».

L'auspicabile implementazione della Banca dati INNOVance, in questo preciso momento storico in cui diventa necessario rivedere tutte le parti della UNI 11337 alla luce della citata norma UNI EN ISO 19650:2019, potrebbe finalmente permettere a operatori diversi del processo edilizio di condividere e utilizzare, in logica di interoperabilità BIM, delle informazioni di prodotto e di processo costantemente aggiornate, senza perdite di dati e senza la necessità di verificare continuamente la loro coerenza.

In attesa del riavvio del programma lo Studio Valle Progettazioni ha cercato, comunque, di muoversi in tale direzione andando ad aggiornare la metodica di elaborazione di un documento chiave della progettazione esecutiva: Il Capitolato speciale d'appalto.

Il Documento, prendendo le mosse dalla norma UNI 8290:1981, *Edilizia residenziale - Sistema tecnologico - Classificazione e Terminologia*, è stato organizzato secondo lo schema di seguito illustrato che, peraltro, mira a sviluppare quanto previsto dalla Parte 3 della norma UNI 11337 del 2015⁸:

INNOVANCE, Studio Valle Progettazioni has tried to move in this same direction by updating the method of elaboration of a key document of the Executive Design: The Special Tender Specifications.

The Document, based on the UNI 8290: 1981 - Residential building - Technological system - Classification and Terminology standard, was organised according to the scheme illustrated below which, moreover, aims to update the provisions of Part 3 of the UNI 11337 standard of 2015⁸:

- *Part I*, which relates to the classes of technological units and classes of technical elements divided into:

o *Sections*: which contain the classes of technology units divided into:

▪ *Chapters*: which contain the separate technological units in:

· *Paragraphs*: which contain the various classes of technical elements;

o *Sub-paragraphs*: which contain the detailed technical project elements for each functional unit;

- *Part II*, relating to the different Works, in turn divided into:

o *Chapters*: that contain the various portions of the project divided into:

▪ *Paragraphs*: that contain the different categories of work;

· *Forms*: that contain the individual functional units or stratigraphic elements, related to the different technical elements of the project.

The Forms related to the stratigraphic elements are articulated in the following information sections:

- the description of the item from the

una *Parte I* relativa a *Classi di Unità Tecnologiche e Classi di Elementi Tecnici* suddivisa in:

- *Sezioni*: contenenti le *Classi di Unità Tecnologiche* suddivise in:
- *Capitoli*: contenenti le *Unità tecnologiche* distinte in:
 - *Paragrafi*: contenenti le varie *Classi di Elementi tecnici*;
 - *Sottoparagrafi*: contenenti gli *Elementi tecnici di Progetto* dettagliati per *Unità funzionali*;

una *Parte II* relativa alle Lavorazioni a sua volta suddivisa in:

- *Capitoli*: relativi ai vari *Corpi d'Opera* suddivisi in:
 - *Paragrafi*: contenenti le diverse *Categorie di Lavorazione*;
 - *Schede*: contenenti le singole *Unità funzionali* (o *Elementi di Stratigrafia*), relative ai diversi *Elementi tecnici di Progetto*.

Le Schede relative agli Elementi di Stratigrafia sono poi state articolate nelle seguenti sezioni informative:

- la *Descrizione da voce di Elenco Prezzi*;
- la *Voce di Capitolato*;
- le *Caratteristiche descrittive, geometriche e fisico-chimiche*;
- l'*Impiego previsto*;
- le *Specifiche tecniche prestazionali*;
- le *Modalità di esecuzione*;
- le *Modalità di trasporto e stoccaggio*;
- gli *Eventuali aspetti relativi alla sicurezza*;
- le *Informazioni per la manutenzione*;
- le *Informazioni complementari sulla sostenibilità*;
- le *Norme di riferimento*;
- le *eventuali Note particolari*;
- il *Riferimento indicativo di prodotto commerciale*.

Al fine di garantire, come richiesto dal citato art. 53, comma 5, lett. e) del Regolamento «che ogni elemento, identificabile sugli

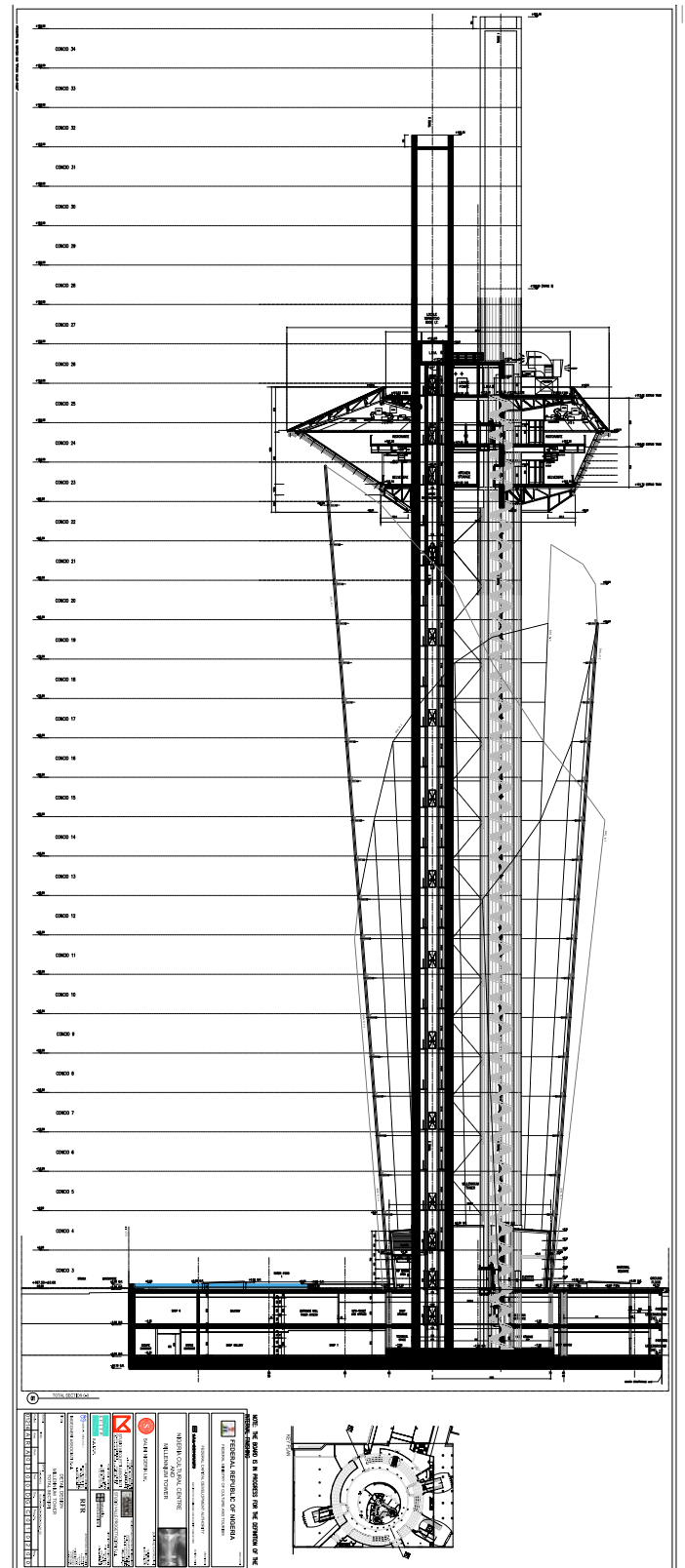
- Price List;
- the Item within the Special Tender Specifications;
- the descriptive, geometric and physical or chemical characteristics;
- the intended use;
- performance technical specifications;
- the implementation rules and regulations;
- transportation and storage methods;
- any aspects relating to worker's health and safety;
- maintenance Information;
- complementary information on sustainability;
- the reference standards;
- any special notes;
- the indicative reference for a commercial product.

In order to guarantee, as required by the aforementioned art. 53, paragraph

5, letter e) of the Regulation «that every element, identifiable on the graphic drawings, is adequately qualified within the performance and chapter documentation» the aforementioned Special Tender Specification Forms (CSA) are accompanied by a series of references that refer not only to the other documents and design documents but also to the Industry Foundation Classes (IFC) identification code from the digital model.

As a consequence of this revision, the classic organisation references of the Bill of Quantities (CME) document have also been restructured.

The Super-Chapters, Chapters and Sub-Chapters have remained substantially unchanged in their structure when compared to the traditional system of organisation of the data for calculation, while the part related to the Categories of the Works has been thor-



elaborati grafici, sia adeguatamente qualificato all'interno della documentazione prestazionale e capitolare» le suddette Schede di CSA sono corredate da una serie di riferimenti che rimandano non solo agli altri documenti ed elaborati progettuali ma anche al codice identificativo IFC del modello digitale.

In conseguenza a tale rielaborazione si è provveduto anche a ristrutturare i classici riferimenti di organizzazione del documento CME di computazione metrico estimativa.

SuperCapitoli, Capitoli e SubCapitoli sono rimasti sostanzialmente inalterati nella loro strutturazione, rispetto al tradizionale sistema di organizzazione dei dati di computo, mentre la parte relativa alle Categorie di Opere è stata profondamente rivisitata e resa perfettamente complementare al Documento CSA.

Di particolare rilevanza, ai fini dell'inequivoca individuazione di ogni elemento di stratigrafia, la decisione di inserire in ogni Rigo di misurazione anche il codice identificativo IFC del modello digitale, in maniera tale da avere una continua e perfetta corrispondenza tra elaborati "tradizionali" ancora cartacei (Capitolato speciale d'appalto - Computo metrico estimativo - Piano di manutenzione - Elaborati grafici 2D alle diverse scale di dettaglio) e strumenti digitali avanzati quale il modello IFC dell'opera da realizzare.

Infatti, l'adozione e l'utilizzo di specifici programmi operativi integrati ha permesso allo Studio di velocizzare i tradizionali tempi di elaborazione anche di altri documenti fondamentali per la progettazione esecutiva, con particolare riferimento, per esempio, al Piano di manutenzione e al Piano di sicurezza e coordinamento, i quali vengono redatti direttamente sulla base del modello IFC di progetto.

Tuttavia, nell'applicazione dei sistemi di digitalizzazione del pro-

ughly revisited and made perfectly complementary to the Special Tender Specification Document (CSA).

Of particular importance, for the purpose of the unequivocal identification of each stratigraphic element, is the decision to include in each measuring line also the IFC identification code of the digital model in such a way as to have a continuous and perfect correspondence between "traditional" documents still in paper form like the Special Tender Specifications; the Bill of Quantities; the Maintenance Plan; the 2D graphic representation of the project processed at different scales of detail as well as the advanced digital tools such as the IFC model.

In fact, the adoption and use of specific integrated operating programs has enabled the Firm to speed up the traditional processing times, including for other documents essential for ex-

ecutive planning, with particular reference, for example, to the Maintenance Plan and the Plan for security and coordination which are drafted directly on the basis of the IFC project model.

However, in the application of the digitalisation systems for the Executive Design, it was necessary to confront the inevitable criticality of the process due to a still not mature evolution of the system, in particular with regard to the relationship between planning and computation.

Currently, most parametric modelling software makes it possible to compute the technical elements of the project in an exclusively traditional manner.

For example, if we compute a typical exterior plastered and painted wall, we need to enter progressively all the items into the Price List that make up the finished work for example:

1. external face paint;

getto esecutivo ci si è, comunque, dovuti confrontare con le inevitabili criticità di processo, a motivo di una ancora non matura evoluzione del sistema, in particolar modo per quanto attiene proprio alla relazione tra progettazione e computazione.

Attualmente, infatti, la maggior parte dei software di modellazione parametrica permettono di computare gli Elementi tecnici di progetto in maniera esclusivamente tradizionale.

Per esempio, dovendo computare una parete esterna intonacata, rasata e tinteggiata si dovranno inserire in progressione tutte le voci di Elenco prezzi che vanno a comporre l'opera finita:

1. tinteggiatura esterna;
2. rasatura esterna;
3. intonaco di fondo per esterni;
4. blocco da muratura;
5. intonaco di fondo per interni;
6. rasatura interna;
7. tinteggiatura interna.

Sebbene sia questa, da almeno trenta anni, la metodologia di computazione digitale risulta palese la discrasia concettuale, in termini di progettazione BIM *oriented*, per la quale un qualsiasi Elemento tecnico di progetto possa essere caratterizzato da una serie di valori di *performance* fisico-meccanico-prestazionali, ma non da un prezzo univocamente definito.

È come se andassimo in cartoleria a comprare una penna a sfera e il cassiere, invece di darci il prezzo di acquisto finito, si mettesse ogni volta a battere alla cassa:

- il costo del cappuccio;
- il costo del fusto porta refill;
- il costo del tappetto superiore chiudi fusto;
- il costo del refill.

2. external face finished plaster;
3. external face base plaster;
4. masonry block wall;
5. internal face base plaster;
6. internal face finished plaster;
7. internal face paint.

Although this is the computational methodology used over the last 30 years, the conceptual discrepancy in terms of BIM oriented design it is clear, where any technical project element can be characterised by a series of physical and mechanical performance values but not by a uniquely defined price.

A good example is we go into a stationery shop to purchase a ballpoint pen and the cashier, instead of giving us the finished purchase price, breaks down the price as follows:

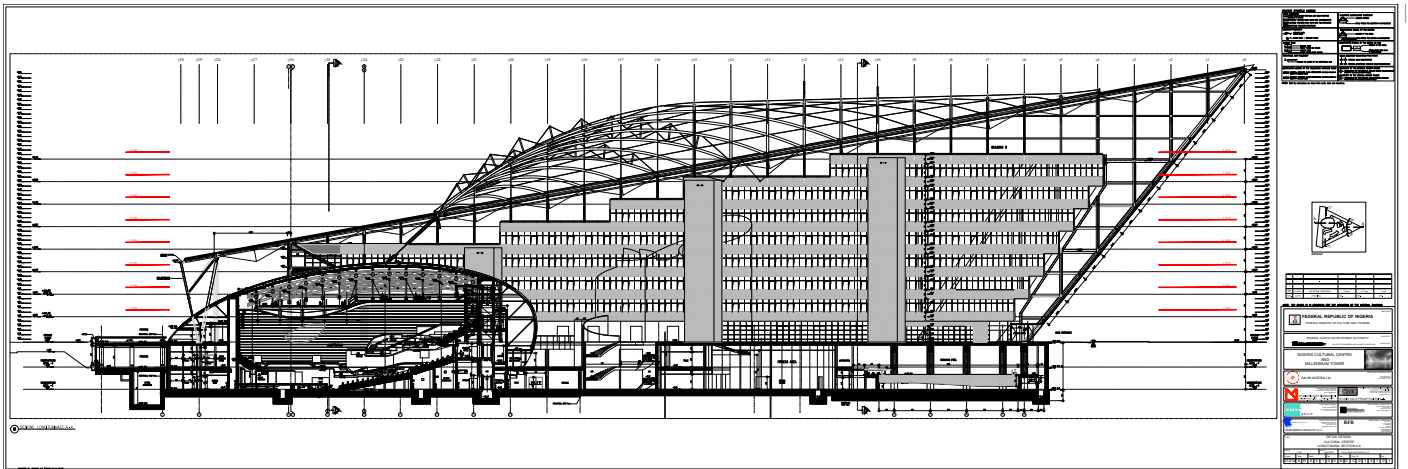
- the cost of the pen's cap;
- the cost of the pen's barrel;
- the cost of the pen's barrel tap;

- the cost of the pen's ink tube and ballpoint distributor.

So, let us try to imagine our uneasiness and that of the cashier if, as a calligraphy lover, we still asked not for a roller gel pen, whose cost elements are similar to the description of our ballpoint pen above, but a beautiful, old, fountain pen that, for characteristics, materials and type of ink, would have totally different costs and therefore, a longer and more detailed list items.

This, however, in summary is what still happens in the computation phase for each technical element of the project, whether we compute within our BIM authoring or compute from a shared IFC model.

Every time we have to remember each passage or phase of every effort that goes into and makes up any item of finished work, for example in a typical stratigraphy, we need to verify that



Dunque, proviamo a immaginare il disagio nostro e del cassiere se, amanti della calligrafia, chiedessimo ancora non già una penna roller gel, i cui elementi di costo tutto sommato sono simili a una penna a sfera ma una bella, vecchia, penna stilografica che, per caratteristiche, materiali e tipo di inchiostro avrebbe costi (e quindi voci di Elenco prezzi) totalmente differenti.

Questo, però, in sintesi è quello che ancora avviene in fase di computazione per ogni elemento tecnico di progetto, sia che computiamo all'interno del nostro BIM *authoring* sia che computiamo da modello IFC condiviso.

Ogni volta ci si deve ricordare di tutte le singole lavorazioni che vanno a comporre una qualunque opera finita (una stratigrafia per es.) andando a verificare che all'interno della voce di Elenco prezzi non siano magari espressamente riportate delle particolari esclusioni che dovrò computare a parte ed in aggiunta (per es. le opere provvisorie oltre una certa altezza, il livello specifico

di qualità della rasatura di finitura tipo Q5 di cui alla norma UNI 11424 addirittura in Euroclasse A1 di reazione al fuoco perché trattasi di un percorso di esodo ecc.).

Al fine di ovviare alle suddette criticità lo Studio sta cercando di implementare un innovativo sistema di computazione per oggetti finiti che persegue due semplici obiettivi principali:

- ottenere computi da modello più sintetici e più chiari: a ogni oggetto parametrico "finito" corrisponde un prezzo ben preciso;
- avere la possibilità di sostituire un qualsiasi oggetto parametrico di progetto senza l'ansia di dover controllare di aver eliminato/sostituito/integrato tutte le voci di prezzo legate a quell'Elemento tecnico di progetto.

Alcuni software blasonati e molto utilizzati nel settore della progettazione, per esempio, non possono ancora editare - per proprie carenze intrinseche operative - strati a spessore molto

within the of List of Prices that the items are coherent and do not contain particular exclusions that need to be computed separately. For example, in the temporary works beyond a certain height, or the specified level of quality for the finished plaster type Q5 referred to in the UNI 11424 standard even in Euroclass A1 reaction to fire because it is an escape route, etcetera. In order to overcome the aforementioned criticalities, the Studio Valle Progettazioni is trying to implement an innovative computation system for finished objects that pursues the following two main objectives:

- to obtain more synthetic and clearer model calculations: to each "finished" parametric object corresponds a precise price;
- to have the possibility of replacing any parametric project object without the anxiety of having to

check that all price items related to that technical element of the project have been eliminated, replaced or integrated.

For example, some well-known and widely used software in the design sector cannot, for their own intrinsic operational deficiencies, edit very low thickness layers (think of a coat of paint that may have a variable thickness between 100 and 300 microns) so that a finish could only exist in the Bill of Quantities (CME) and not within the BIM model, with the risk of forgetting it in the event of a variation, deletion or substitution because this is not a real parametric "object" contained within the model.

As previously mentioned, in order to try to overcome the aforementioned criticalities, Studio Valle Progettazioni, has decided to implement an experimental computation that is articulated,

in our BIM *authoring* software, in the following digital design workflow:

- Phase 1: the definition of each individual stratigraphic element in correspondence to our functional unit sheets for the Special Tender Specification (CSA) with the assignment to the same to a specific price list item taken from the official price lists;
- Phase 2: the definition of a specific stratigraphic layering in correspondence to our Special Tender Specification (CSA) in order to align the technical Design Elements divided into the different Classes with the proper assigned attribution of a "finished" cost, given by the sum of the Price List items in the previous point, which is coded as VLP_01 (Project List Item No. 01);
- Phase 3: the definition, by the subsequent aggregation of line items

from a specific project Price List, which defines the cost of all the Technical Element Classes.

All of the documents processed during the Executive Design phase are then made available periodically to all other stakeholders, internal and/or external, through publication within the ACdoc and ACdat sections of the open interoperable digital platform adopted by our firm.

We would therefore, like to conclude this personal reflection by reporting some of the works created over time (even before the BIM) by our firm with the hope that the current digitalisation process of the projects, as envisaged by Bilar Succar, conjoint senior lecturer at the University of Newcastle of Melbourne, in contrast with definitions of which we have already glimpsed the limit, can be transformed into a *Modelling Information for Buildings* (MIB

basso (si pensi a una tinteggiatura che potrà avere uno spessore variabile tra i 100 e i 300 micron) sicché una finitura rischia di esistere soltanto nel CME e non già nel modello BIM con il rischio, quindi, di dimenticarsene in caso di variazioni/cancellazioni in quanto che non costituisce un vero e proprio “oggetto” parametrico contenuto nel modello.

Come detto, lo Studio, al fine di cercare di superare le suddette criticità, ha deciso di implementare una computazione a carattere sperimentale che si articola, all'interno del nostro software BIM *authoring*, nel seguente *workflow* di progettazione digitale:

- Fase 1: definizione di ogni singolo Elemento di stratigrafia (corrispondente alle nostre Schede di Unità funzionale per il CSA) con assegnazione allo stesso di una specifica Voce di elenco prezzi tratta da listini ufficiali;
- Fase 2: definizione di una specifica Stratigrafia (corrispondente nel nostro CSA agli Elementi tecnici di progetto ripartiti nelle diverse Classi) con attribuzione di un costo “finito”, dato dalla somma delle voci di Elenco prezzi di cui al punto precedente, che viene codificato come VLP_01 (Voce di Listino di Progetto nr. 01);
- Fase 3: definizione, per aggregazione successiva di Voci, di uno specifico Listino Prezzi di Progetto che va a definire il costo di tutte le Classi di Elementi tecnici.

Tutti i documenti che vengono elaborati in fase di progettazione esecutiva sono poi resi periodicamente disponibili a tutti gli altri *stakeholders*, interni e/o esterni, mediante pubblicazione nelle sezioni ACdoc e ACdat della piattaforma digitale interoperabile aperta adottata dallo Studio.

Vorremmo, quindi, concludere questa personale riflessione riportando alcune opere realizzate nel tempo (anche prima del

BIM) dal nostro studio con l'augurio che l'attuale processo di digitalizzazione dei progetti, come vagheggiato da Bilar Succar, *conjoint senior lecturer* alla University of Newcastle di Melbourne, in antitesi con definizioni di cui già abbiamo intravisto il limite, possa trasformarsi in un *Modelling Informations for Buildings* (MIB anziché BIM) ossia si possa riuscire a modellare un complesso e organico sistema di informazioni digitali finalizzate alla progettazione, alla realizzazione e alla gestione degli edifici nel loro complesso.

NOTE

¹ Di seguito, a titolo indicativo e non esaustivo, si riportano le principali norme fondanti del nostro processo costruttivo:

- D.M. 29 maggio 1895, “Regolamento per la compilazione dei progetti di opere dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei lavori pubblici”;
- R.D. 1895, n. 350, “Regolamento per la direzione, contabilità e collaudo dei lavori dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei lavori pubblici”;
- Legge 11 febbraio 1994, n. 109, “Legge quadro in materia di lavori pubblici” (*modificata dalla legge n. 415 del 1998*);
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554, “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici”;
- D.lgs. 12 aprile 2006, n. 163, “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE” (*abrogato dall'art. 217 del decreto legislativo n. 50 del 2016*);
- D.P.R. 05 ottobre 2010, n. 207, “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 recente il *Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*”;
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50, “Codice dei contratti pubblici” (*aggiornato e coordinato con il decreto-legge 18 aprile 2019, n. 32*).

instead of BIM) that is, we can succeed in modelling a complex and organic system of digital information aimed at the design, implementation and management of buildings as a whole.

NOTES

¹ Below, by way of non-exhaustive example, the main founding rules of our construction process are reported:

- D.M. May 29, 1895, “Rules for the compilation of state works projects that are under the authority of the Ministry of Public Works”;
- R.D. 1895, n. 350, “Regulations for the management, accounting and testing of the works of the State which are the functions of the Ministry of Public Works”;
- Law February 11th, 1994, n. 109, “Framework law on public works (*modified by law n. 415 of 1998*)”;
- D.P.R. 21 December 1999, n. 554,

“Regulation of implementation of the framework law on public works”;

- D.lgs. 12 April 2006, n. 163, “Code of public contracts relating to works, services and supplies in implementation of directives 2004/17/CE and 2004/18/CE” (*repealed by art. 217 of legislative decree n. 50 of 2016*);
- D.P.R. 5 October 2010, n. 207, “Regulation for the execution and implementation of the legislative decree 12th April 2006, n. 163 the recent *Code of public contracts relating to works, services and supplies in implementation of directives 2004/17/CE and 2004/18/CE*”;
- D.lgs. 18 April 2016, n. 50, “Code of public contracts” (*updated and coordinated with the decree-law 18 April 2019, n. 32*).

² The Italian standard follows the

transposition by CEN, last December 19, 2018, of the EN ISO 19650-1 and EN ISO 19650-2 standards. We also recall that as a result of international agreements (*known as the “Vienna Agreement”*) between the ISO (*International Organization for Standardization - international non-governmental and independent body*) and the CEN (*European Committee for Standardization - European standardization body*), the latter is bound to implement, without modification, the technical regulations issued by the ISO and included in the agreement itself.

³ The UNI 11337 standard was divided into 10 parts, of which 1, 4, 5, 6 and 7 have been published so far, of which the last on 13.12.2018.

⁴ The draft decree issued by MIT provided for 6 months for entry into force after publication in the Official Journal. Now, after a long pause, at the turn

of the Government change, a technical meeting was held on 30 October 2018 between the Ministry of Infrastructure and Transport, the Conference of the Regions and the National Association of Italian Municipalities (ANCI). Both the Regions and the Municipalities have submitted requests for streamlining procedures.

⁵ The executive project is composed of the following documents, unless otherwise justified by the person in charge of the procedure pursuant to Article 15, paragraph 3, also with reference to their articulation:

- a) General report;
- b) Specialist reports;
- c) Graphic drawings including those of facilities, facilities and environmental restoration and improvement;
- d) Executive calculations of structures and facilities;

² La norma italiana fa seguito al recepimento da parte del CEN, lo scorso 19 dicembre 2018, delle norme EN ISO 19650-1 e EN ISO 19650-2. Ricordiamo inoltre che a seguito di accordi internazionali (*noti come "Vienna Agreement"*) intercorsi tra l'ISO (*International Organization for Standardization - Ente di normazione internazionale, non governativo ed indipendente*) e il CEN (*European Committee for Standardization - Ente di normazione europeo*), quest'ultimo è vincolato al recepimento, senza modifiche, delle normative tecniche emanate dall'ISO e ricadenti nell'accordo stesso.

³ La normativa UNI 11337 è stata suddivisa in 10 parti, di cui sono state sinora pubblicate la 1, 4, 5, 6 e 7 di cui l'ultima in data 13 dicembre 2018.

⁴ La bozza di decreto diffusa dal MIT prevedeva 6 mesi di tempo per l'entrata in vigore dopo la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale. Ora, dopo un lungo periodo di pausa, a cavallo del cambio di Governo, il 30 ottobre 2018 si è svolta una riunione tecnica tra Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, la Conferenza delle Regioni e le Associazione nazionale Comuni italiani (Anci). Sia le Regioni sia i Comuni hanno avanzato richieste di snellimento delle procedure.

⁵ Il Progetto esecutivo è composto dai seguenti documenti, salva diversa motivata determinazione del Responsabile del procedimento ai sensi dell'articolo 15, comma 3, anche con riferimento alla loro articolazione:

- e) Maintenance plan for the work and its parts;
- f) Safety and coordination plan referred to in Article 100 of Legislative Decree 81/08, and Labour Incidence Framework;
- g) Estimate metric and economic framework;
- h) Time schedule;
- i) List of unit prices and any analyses;
- j) Contract outline and special tender specifications;
- k) Land parcel expropriation plan.

⁶ Association of Engineering and Architecture Companies that brings together 350 companies that bill 2.4 billion with 17,000 employees, of which 85% are technicians.

⁷ Source: "Industria 2015 - Energy Efficiency Call - Technical Proposal - Part 1 - INNOVANCE Project".

⁸ Standard UNI / TS 11337-3: 2015, "Building and civil engineering works

- a. Relazione generale;
- b. Relazioni specialistiche;
- c. Elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale;
- d. Calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti;
- e. Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- f. Piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del D.lgs. 81/08, e Quadro di incidenza della manodopera;
- g. Computo metrico estimativo e quadro economico;
- h. Cronoprogramma;
- i. Elenco dei prezzi unitari e eventuali analisi;
- j. Schema di contratto e capitolato speciale di appalto;
- k. Piano particellare di esproprio.

⁶ Associazione delle Società di ingegneria e architettura che raggruppa 350 società che fatturano 2,4 miliardi con 17.000 addetti, di cui l'85% di tecnici.

⁷ Fonte: "Industria 2015 - Bando Efficienza Energetica - Proposta tecnica - Parte 1 - Progetto INNOVANCE".

⁸ Norma UNI/TS 11337-3:2015, "Edilizia e opere di ingegneria civile - Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione".

- Criteria for coding of works and construction products, activities and resources - Part 3: Models of collection, organization and storage of technical information for products from construction".

Francesca Storaro,
Architetto e Lighting Designer

info@francescastoraro.com

Il *Lighting Designer*, l'architetto della luce, è colui che è in grado di raccontare l'architettura, la pittura e la scultura attraverso il linguaggio della "luce".

Esiste un rapporto magico fra luce e architettura, ognuna aiuta l'altra a rivelarsi, sono come il sole e la luna.

L'edificio originale resta lì ed è visibile durante il giorno attraverso la luce naturale, ma durante la notte possiamo averne una sua lettura e interpretazione attraverso la luce artificiale.

La luce, quindi, offre un nuovo linguaggio: una forma di comunicazione che non solo garantisce la percezione degli oggetti, ma può trasmettere storia, cultura ed emozione.

Attraverso la luce si può raccontare la storia di quell'edificio, perché è stato costruito in quel modo, quali sono le sue caratteristiche architettoniche e simboliche.

Troppo spesso, edifici o monumenti risalenti a diversi periodi storici e progettati da diversi architetti sono illuminati allo stesso modo. In realtà, ogni edificio dovrebbe avere una sua illuminazione, uno studio specifico, e ogni edificio dovrebbe avere il suo *Lighting Designer*.

Qui entra appunto in gioco la figura dell'architetto della luce, figura professionale molto riconosciuta e rispettata a livello internazionale, ma che sta cominciando a farsi conoscere anche in Italia. Sono membro dell'Associazione Italiana Di Illuminazione (AIDI) e dell'associazione Americana dei Lighting Designer (IALD), riconosciuta a livello internazionale come Certified Lighting Designer (CLD) che, attraverso seminari e convegni, fa sempre più conoscere questa figura professionale.

Prima di procedere alla progettazione illuminotecnica è necessaria un'analisi approfondita di quell'opera. Fondamentali sono quindi gli studi storici, architettonici, pittorici, scultorei e sim-

bolici per poi poterla raccontare e interpretare attraverso il linguaggio della luce.

Una volta definito il concept luministico, l'immagine notturna che vogliamo dare di quell'edificio, dobbiamo tradurre il tutto attraverso un progetto illuminotecnico.

Chi si esprime nelle arti visive realizza la propria creatività attraverso gli strumenti tecnologici. Dobbiamo quindi individuare i corpi illuminanti e relative ottiche più idonee per concretizzare la nostra idea, per tradurre la nostra idea in realtà.

È quindi un tipo di professione in cui si unisce la parte artistica e la parte tecnologica.

Per meglio esemplificare, riporterò di seguito alcune mie esperienze.

La Basilica di San Bernardino, L'Aquila

La Basilica di San Bernardino è stata restaurata, consolidata e illuminata in seguito al terremoto

del 2009 che ha distrutto gran parte della città de L'Aquila.

L'illuminazione della facciata rinascimentale della Basilica è caratterizzata da una doppia illuminazione. Un'illuminazione morbida, diffusa, che illumina tutta la facciata dal basso verso l'alto mettendo in risalto gli elementi orizzontali della facciata attraverso una proporzionata ombra, dandone la giusta evidenza tridimensionale.

Tanto l'"ombra" caratterizza gli elementi "orizzontali", quanto la "luce" invece caratterizza gli elementi "verticali".

Una luce d'accento sottolinea quindi le 24 colonne, andando a rivelare i nove quadrati di cui la facciata è composta, i 3 oculi e il portale principale, formando la sottolineatura di 4 elementi, a simbolo del quadrato e della Croce.

LIGHTING DESIGN: BLUEPRINTS - IMPLICATION, THE UNION BETWEEN ART AND TECHNOLOGY

The *Lighting Designer*, the architect that deals with light, is the one capable of describing architecture, painting and sculpture through the language of "light".

There is a magical relationship between light and architecture, one helps the other to reveal itself, they are like the sun and the moon.

Thanks to natural light, the original building stands out and is visible during the day, while during nighttime, we can interpret it through artificial light. Hence, light offers a new language: a form of communication that guarantees not only the perception of objects but also history, culture and emotions. Through light, we can tell the story of a building, why it was built in a certain way and its symbolic and architectural characteristics.

All too often buildings and monuments dating back to different historical peri-

ods and designed by different architects, are illuminated in the same way. In reality, each building should have its own lighting scheme, a specific study, and each building should have its *Lighting Designer*.

This is when the role of the lighting design architect, widely acknowledged and respected internationally, and slowly starting to be also known in Italy, comes into play. I am a member of AIDI (the Italian Lighting Association) and of IALD (the American Lighting Designers Association). I am also internationally recognised as Certified Lighting Designer (CLD) and through seminars and conference, we are spreading our profession even more.

Before starting to develop a lighting design project, we need to analyse a building thoroughly. Historical, architectural, pictorial, sculptural and sym-

bolic studies are fundamental to describe and interpret the work through the language of light.

Once the lighting concept and the nocturnal image we wish to give to the building are defined, we must translate everything through a lighting design project.

Whoever expresses itself through visual arts, realises its creativity through technological tools. We must, therefore, identify the most suitable light fixtures and optics to concretise our idea, to translate it in reality.

Hence, it's a profession that combines artistic and technological skills.

To better explain, I will illustrate some of my own experiences.

The San Bernardino Basilica, L'Aquila

The San Bernardino Basilica was restored, consolidated and artificial





lighting was added after the earthquake of 2009, which destroyed most of the L'Aquila city.

The lighting of San Bernardino Basilica renaissance façade is characterised by a double lighting scheme.

One is soft and diffused, and it lights up the entire façade from the ground upwards, highlighting the horizontal elements of the façade through a balanced shadow, and conferring the proper three-dimensional character to the façade.

While shadow characterises the “horizontal” elements, “light” underlines the “vertical” ones.

An accent light underlines 24 columns, revealing the nine squares composing the façade, three oculi, and the main portal, underlining four elements that symbolise the square and the Cross.

The interior of the church is a celebration and glorification of San Bernardi-

no's figure through light. At the centre of the marvellous wooden ceiling, we can find the magnificent Christogram, with its symbolic representation of Christ's figure.

Light wraps the wooden ceiling and the dome of the central body and, as if it was imitating the spreading of sun rays, it fills with direct light also the side aisles and the side chapels.

The large pillars and the tall pilaster strips that lean on them articulate the central aisle's space through arcades underlined by a lighting scheme which confers compositional rhythm, accompanying us towards the altar.

The vault of the apse containing the altar and the choir is lit up by an indirect light originating from the main glazed surface which, like divine light, expands towards the interior of the church.

Thanks to “light”, the church, the main

monument of the city – and one of the first to be inaugurated – and the city of L'Aquila itself regained “life”.

The Imperial Forum in Roma

As an initiative of Rome's Municipality, Mayor Ignazio Marino, and thanks to the Sovrintendenza Capitolina, the vast area of the Imperial Forum became the object of a great lighting valorisation project, commissioned to my father Vittorio Storaro, filmmaker, and to myself, Francesca Storaro, *Lighting Designer*.

Such project was possible thanks to the support of Unilever for the design part, and thanks to Acea Illuminazione Pubblica Spa for the execution and the lighting design includes Augustus' Forum, Nerva's Forum and Trajan's Forum.

Following our project, 520 LED – and therefore energy-efficient – projectors

were installed for an area of 20.000 square meters, with a total consumption of only 26KW.

The difficulty to illuminate an archaeological site consists of the fact that there are very few complete and defined architectural elements. Because of the presence of ruins, it's hard to understand the form and the architecture of the site.

We made an attempt to make the audience perceive the architecture and the greatness of the Forum - commissioned by the Roman Emperors and their interpretations - thought “light” and its language.

It would have been incorrect to light up single elements, and single artefacts. On the contrary, it was important to rely on a lighting concept based on the interpretation of the Forum as it was imagined by the emperors, and on the importance to underline the key

L'interno della Chiesa è una celebrazione ed esaltazione attraverso la "luce" della figura di San Bernardino. Al centro del meraviglioso soffitto ligneo, troviamo il Cristogramma in tutto il suo splendore, in tutta la sua rappresentazione simbolica della figura di Cristo stesso.

La luce avvolge il soffitto ligneo e la cupola del corpo centrale e, come un espandersi dei raggi del sole, avvolge di luce indiretta anche le volte delle navate laterali e delle cappelle laterali.

I grandi pilastri sui quali poggiano alte lesene scandiscono lo spazio della navata principale attraverso delle arcate che sono sottolineate da una luce che dà ritmo compositivo e ci porta verso l'altare.

La volta dell'abside, contenente l'altare e il coro, è invece illuminata da una luce indiretta proveniente dalla vetrata principale che, come una luce divina, si espande verso l'interno della Chiesa.

Grazie alla "luce", la Basilica e la stessa città dell'Aquila di cui la Basilica è un monumento principale, uno dei primi monumenti ad essere stato inaugurato, riprendeva la "vita".

I Fori Imperiali a Roma Per iniziativa del Comune di Roma Capitale, del Sindaco Ignazio Marino, grazie alla Sovrintendenza Capitolina, la vasta area dei Fori Imperiali è stata protagonista di un grande progetto di valorizzazione illuminotecnica affidato a mio padre Vittorio Storaro, autore della cinematografia, e a me, Francesca Storaro, *Lighting Designer*.

Tale progetto è stato possibile grazie al sostegno di Unilever per la parte progettuale e ad Acea Illuminazione Pubblica S.p.A. per la parte realizzativa. Il progetto di illuminazione comprende il Foro di Augusto, il Foro di Nerva e il Foro di Traiano.

monument of each Forum, to show the majesty of the Imperial Forum.

The Imperial Forum lighting concept came from a careful historical analysis of the Emperors' personality, their history and achievements, and from an in-depth architectural-archaeological analysis of each Forum, carried with the Sovrintendenza Capitolina, to then compose a lighting-figurative conception using the language of light.

Through "light", through its symbolism, the main elements of each Forum were highlighted, they were illuminated with warm light originating from the represented character himself: the emperors carry the symbol of the "sun". The "light" concept evokes the architectural concept of the Forum.

In the Augustus Forum, we will have a "monodirectional" light as the Forum itself, and the main element is represented by the Marte Ultore Temple.

In Nerva's Forum, we will have an "axial" light, and the main element is represented by the Colonnacce and the pedestal of the Minerva Temple.

In the Trajan Forum, we will have a "centrifugal" light, and the main element is represented by the Trajan Column and the Ulpia Basilica. Here, thanks to the light hitting the columns and the floor of the Basilica, it's possible to identify its area and its rectangular shape.

The light returns us a part of no longer visible history and architecture.

It then carries on as a wave of light on the rest of the Forum.

The Arch of Giano, Rome

The lighting design of the Arch of Giano, donated to the city of Rome by the Alda Fendi "Rhinoceros" Foundation, starts from the heart of the world, from the central area inside the "Arch" with

Per un'area di circa 20.000 mq sono stati installati, come da progetto, 520 proiettori a LED, quindi a risparmio energetico, per un consumo totale di soli 26 KW.

La difficoltà di illuminare un sito archeologico consiste nel fatto che ci sono pochi elementi architettonici completi, definiti. È difficile capire la forma e l'architettura del sito, data la forte presenza di rovine.

Il tentativo è stato quello di far percepire allo spettatore l'architettura e la grandezza dei Fori voluti dagli Imperatori romani con le loro interpretazioni, proprio attraverso la "luce" e il suo linguaggio.

Non sarebbe stato corretto illuminare i singoli elementi, i singoli reperti, ma era importante basarsi su un concetto, un concetto di illuminazione basato sull'interpretazione dei Fori voluti dai loro imperatori, e dall'importanza di sottolineare il monumento chiave di ogni singolo Foro, e mostrare così la maestosità dei Fori Imperiali.

La concezione luministica dei Fori Imperiali è sorta quindi da un'attenta analisi storica delle personalità degli Imperatori, della loro storia e delle loro gesta, per approfondire poi con un'attenta analisi architettonica-archeologica ogni singolo Foro insieme alla Sovrintendenza Capitolina e comporre, quindi, una ideazione luministica-figurativa attraverso il linguaggio della luce.

Attraverso la "luce", attraverso la sua simbologia, sono stati evidenziati gli elementi principali di ogni Foro, illuminati con una luce di tonalità calda che proviene dal personaggio stesso che andiamo a rappresentare: gli Imperatori portano su loro stessi il simbolo del "sole".

Il concetto della "luce" riprende inoltre il concetto dell'architettura dei Fori.

"four arcades", from the "dawn" of time. A strong "orange" shade, which appears as the source of "earth", rises from the bottom of the arcades' internal walls: this is the "Giano" of every beginning. It blurs, the "Quirino" divinity rises like every "morning", symbolically shedding light on the city with an "ochre" colour that never rests, but keeps rising towards the "sky" instead, transforming its colour tone in the shiny "yellow" of the bright "day" represented by "Giove".

The interior of the four arcades symbolically completes the first round of the morning "sun".

The exterior walls with the "door" symbols – representing opening or closing doors depending on the period of War or Peace – follow the light tone of the day, with a cold or warm tone depending on the direction "East/West" or "South/North".

The first one has the "white/warm" tone that represents heading towards the setting of the "sun", the second one with the "white/cold" tone represents moving towards the rising of the "moon".

Salone dei Corazzieri del Quirinale

For the Salone dei Corazzieri del Quirinale, we had to adopt a more technical approach, given the site character and the problems linked with the preservation of the type of surfaces in need of lighting.

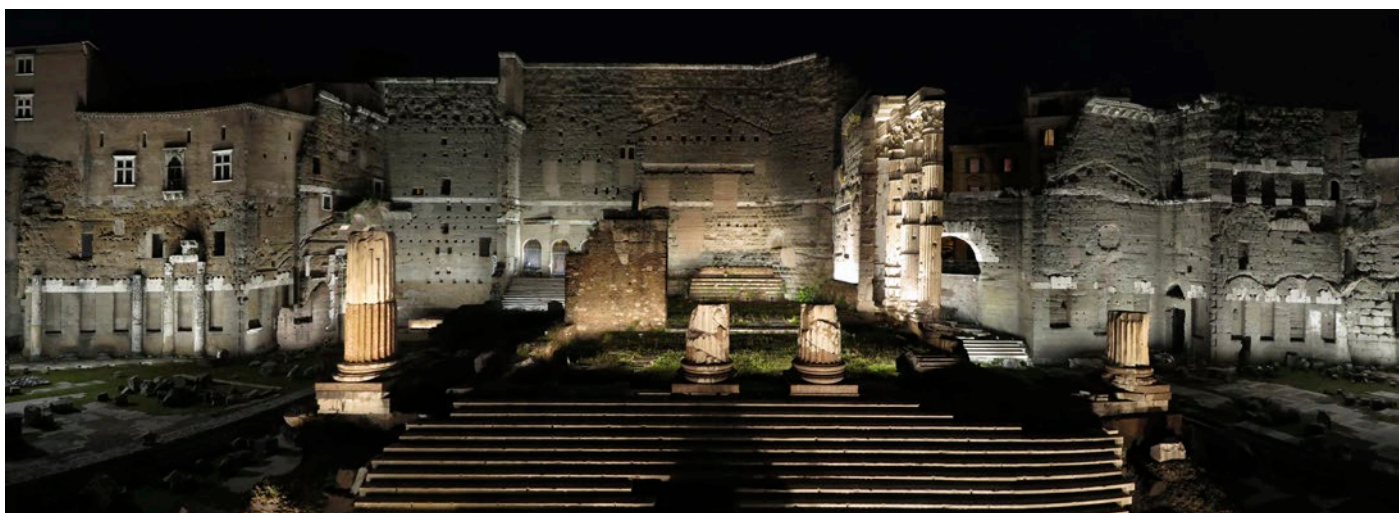
The lighting design project consists in highlighting the frescoes from the 600's and 800's and Maderno's wooden coffered ceiling, by using soft and uniform light, in full respect of the conservative state of the artwork itself, respecting its natural colours, the shadows and the way they were realised by the artists.

Per il Foro di Augusto avremo una luce “monodirezionale” come il Foro stesso e l’elemento principale è il Tempio di Marte Ultore. Per il Foro di Nerva avremo una luce “assiale”, e l’elemento principale sono le Colonnacce e il basamento del tempio di Minerva. Per il Foro di Traiano avremo una luce “centrifuga”, e l’elemento principale è la Colonna Traiana e la Basilica Ulpia che proprio grazie alla luce che illumina le colonne e tutto il pavimento della basilica stessa, è possibile identificare di nuovo l’area della Basilica, con la sua forma rettangolare.

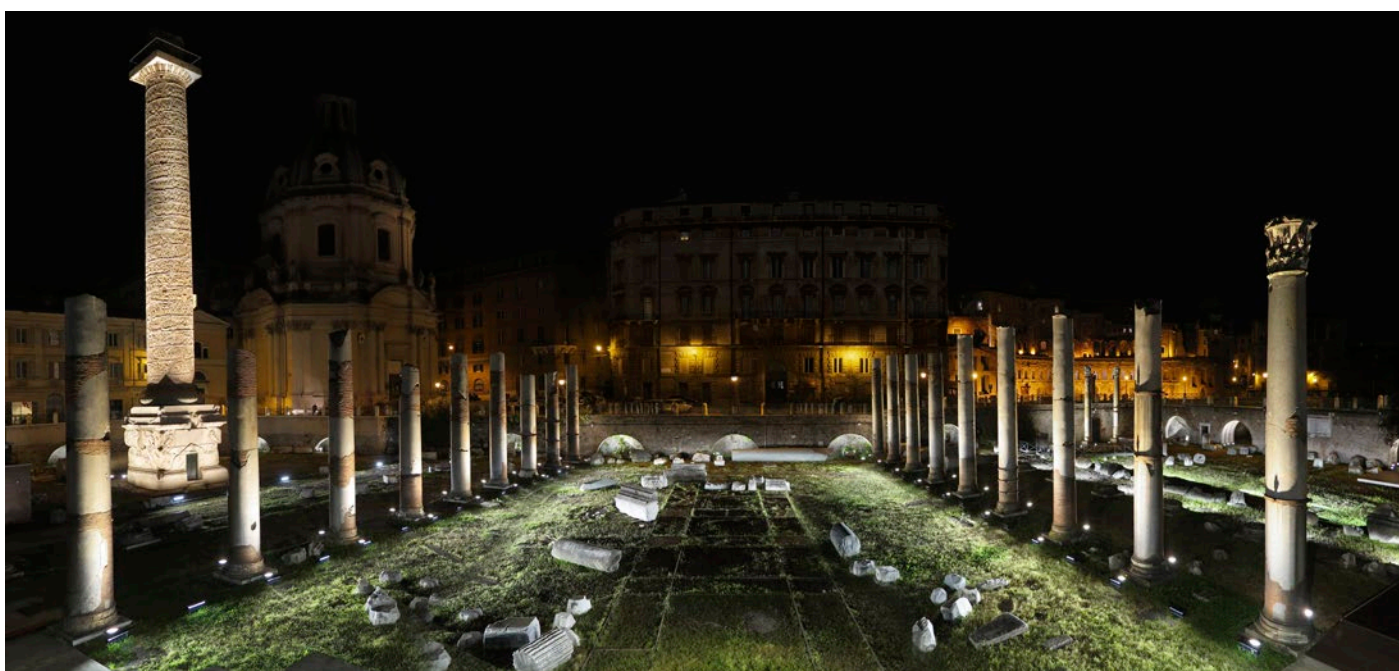
La luce ci restituisce quindi una parte di storia e di architettura ormai non più visibile. Prosegue poi, come un’onda di luce su tutto il resto del Foro.

Arco di Giano, Roma L’illuminazione dell’Arco di Giano, donata alla città di Roma dalla Fondazione Alda Fendi “Rhinoceros”, parte dal cuore del mondo, dall’area centrale dell’interno dell’“Arco” a “quattro arcate”, dall’“alba” del tempo. Una forte tonalità di colore “arancio”,

03 |



04 |





For the lighting of the frescoes and the wooden ceiling, we used 150 projectors with *washer* optics, with wide and in-depth beam light, embedded in the 17-centimetre cornice located at 5,20 mt from the ground and running around the entire perimeter of the room.

All the LED lights selected in the project are dimmable and allow to regulate the light intensity and obtain optimal lighting, respecting the lux values required to preserve the frescoes and the wooden ceiling correctly. The dimmable lights also allow solving the corner solution uniformly.

The average illuminance levels of 150 lux for “materials moderately sensible to light” like frescoes and wooden ceiling, and 50 lux for “Material extremely sensitive to light” like the tapestry located on the walls under frescoes, were respected.

By using LED lights with a white light colour temperature equal to 3000K, apart from highlighting the golden wooden ceiling, we obtained a high colour rendering index, since white, warm tone LED have an excellent colour rendering.

For the portal of the Paolina Chapel, we studied an accent lighting, to highlight the great high relief bezel by Taddeo Landini and the two angels on the tympanum by Guglielmo Berthelot and Pietro Bernini, through 6 special *spot* and *narrow spot* projectors with the same colour of the cornice.

Since the stone portal is considered among the “materials relatively sensible to light”, we reached an average of 300 lux for the illuminance values.

For the “gala” lighting, considering the working level, we considered an average 200 lux illuminance value.

Due to the Architectural restraints of

the room and to avoid the invasive view of the lighting fixtures, the 23 *wide flood* optics removable projectors for working-level lighting, were placed under the cornice, inserting the boards of the projectors in the slotted holes of the tapestry. Moreover, by using the same blue leather colour of the walls, RAL 5011, the projectors were perfectly camouflaged.

For the projectors mentioned above, we also studied, specifically for the Salone dei Corazzieri, a special honeycomb antiglare “snoot”.

Considering that the Salone dei Corazzieri has multiple uses, ranging from visits to highly representative activities of the President of the Republic, we were able to program different lighting schemes through a control system.

In all these projects, after the lighting idea (preliminary project), we develop

first the definitive lighting project, and then the blueprints, identifying the most appropriate lighting fixtures for each situation, including specific features, lighting performance, and lighting tests.

All the lighting fixtures selected in these projects are LED.

The white LED light doesn't present UV or infrared ray components; hence, it doesn't damage the objects. LEDs have a very long life. They have a life of 50.000 hours, which equals approximately 20 years. Moreover, thanks to their extremely compact size, they are easily integrated into the architectural structures. LEDs offer higher energy efficiency compared do many other lighting sources. Hence, thanks to the reduction of consumption and maintenance, we can obtain lighting system's rationalisation and energy savings. Using LED fixtures with carefully se-

che appare come sorgere dalla “terra”, si eleva dal basso sulle pareti interne alle arcate: il “Giano” di ogni inizio.

Si sfuma poi, ergendosi come in ogni “mattino” la divinità di “Quirino” si leva, illuminando simbolicamente la città di un colore “ocre” che, non posandosi, continua il suo innalzarsi verso il “cielo” trasformando la sua tonalità cromatica nella lucentezza del colore “giallo”, del “giorno” splendente di “Giove”.

Tutto l’interno delle quattro arcate compie simbolicamente il primo giro del “sole” mattutino.

Le pareti esterne, con i simboli delle “porte” di apertura e/o di chiusura a seconda del periodo di Guerra o di Pace, seguono la tonalità chiara dell’andare giornaliero, dalla tonalità fredda o calda a secondo della loro direzione “Est/Ovest” oppure “Sud/Nord”. La prima con il tono “bianco/caldo” dell’andare verso

il tramonto del “sole”, la seconda con il tono “bianco/freddo” dell’andare verso il levarsi della “luna”.

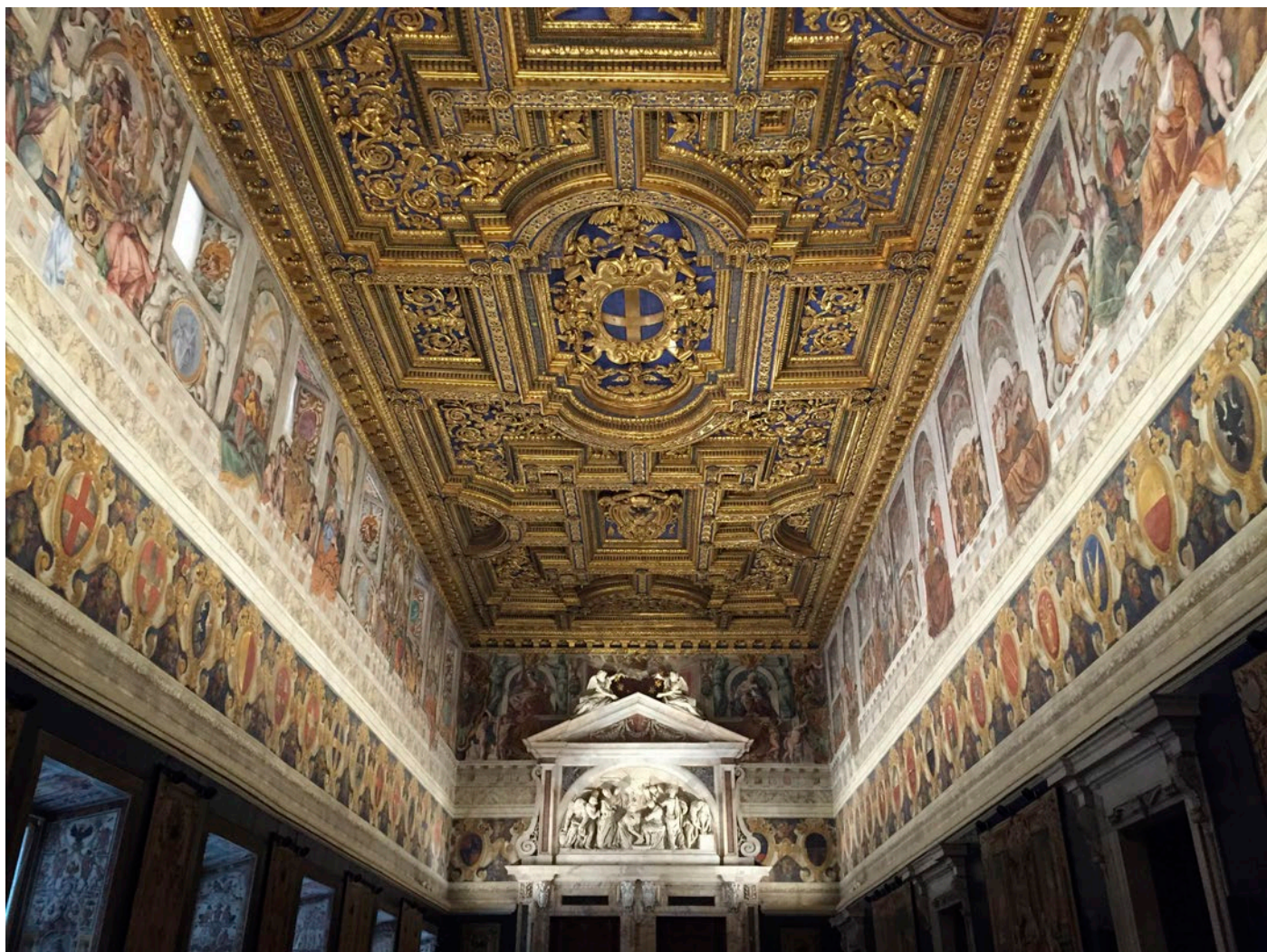
Salone dei Corazzieri del Quirinale

Per il Salone dei Corazzieri del Quirinale è stato necessario un approccio molto più tecnico,

date le caratteristiche del sito e i problemi di conservazione legati al tipo di superfici da illuminare.

Il progetto illuminotecnico consiste nella sottolineatura degli affreschi seicenteschi e ottocenteschi e del soffitto ligneo a cassettoni del Maderno, attraverso una luce morbida e uniforme, nel pieno rispetto dello stato conservativo dell’opera stessa, rispettando i suoi colori e le sue ombre naturali, così come sono state ideate dai suoi artisti.

06 |



Per l'illuminazione degli affreschi e del soffitto ligneo sono stati utilizzati 150 proiettori con ottica *washer* con fascio largo e con fascio per proiezione in profondità, inseriti nel cornicione cavo di circa 17 cm, che si trova a un'altezza di circa 5,20 metri che corre lungo tutto il perimetro della sala.

Tutti gli apparecchi a LED selezionati nel progetto sono dimmerabili, consentendo di regolare la luminosità per ottenere un'illuminazione ottimale nel rispetto dei valori in lux richiesti per una corretta conservazione degli affreschi e del soffitto ligneo, e tali da poter risolvere nel modo più uniforme possibile la soluzione d'angolo.

Sono stati quindi rispettati i livelli di illuminamento medio di esercizio di 150 lux per "materiali moderatamente sensibili alla luce" per gli affreschi e il soffitto ligneo, e i 50 lux per gli arazzi posti sulle pareti al di sotto degli affreschi, quali "materiali estremamente sensibili alla luce".

Con l'utilizzo di LED con una temperatura colore della luce bianca di 3.000 K, oltre a esaltare il soffitto ligneo dorato, si ha un alto indice di resa cromatica, avendo i LED in tonalità bianco caldo una eccellente resa cromatica.

In merito al portale della Cappella Paolina, è stata invece studiata un tipo di illuminazione d'accento, per evidenziare la grande lunetta ad altorilievo di Taddeo Landini e i due angeli sul timpano di Guglielmo Berthelot e Pietro Bernini mediante 6 proiettori con ottiche *spot* e *narrow spot* in versione speciale dello stesso colore del cornicione.

Essendo il portale in pietra considerato fra i "materiali relativamente insensibili alla luce", si è arrivati a un illuminamento medio di esercizio fino ai 300 lux.

Per l'illuminazione di "gala", in merito all'illuminazione del piano utile, si è previsto un illuminamento medio di circa 200 lux.

lected *binings*, we can ensure that the optimal light flux and colour rendering are obtained for each specific activity.

All the LED fixtures we used, have specific lighting features, patented optical systems, such as *Spherolit* lenses.

The selected projectors guarantee efficient visual comfort and a wide variety of optics: *narrow spot*, *spot*, *flood*, *wide flood*, *ovalflood*, *wallwasher*, with various power classes, guaranteeing a high level of design accuracy.

All the products are managed by a control system which allows adjusting LED's light intensity with great precision, both with DALI and dimmable projectors.

Often, we need to customise lighting fixtures, adding custom designed filters, perfecting, even more, the optics.

Technical tests are important before final installation.

For example, in January 2015 in the

Imperial Forum onsite technical tests were carried with the Sovrintendenza Capitolina and Acea and Erco technicians.

Each projector, with its relative optics and power, and the distance between projectors was verified, then we moved onto the definitive lighting design. The selected Erco projectors matched exactly the IES curves realised in 3ds-tudiomax to elaborate the lighting concept *renderings*.

At the end of March 2015, the electrical installation and the installation of lighting fixtures with all'Acea Illuminazione Pubblica begun, we worked all together, night and day, under the sun, the moon, and the rain, for five weeks. Since we were on an archaeological site, we were not able to make excavations for cabling and installation of projectors. All the projectors were mounted on stainless steel bases, gal-

vanised steel painted with the same colour of the projectors, and all the cables were placed in special stainless steel channels painted with the same colour of the ground.

In some areas, thanks to the cooperation of the archaeologists, it was possible to place the cables underground at a maximum depth of 10 cm.

To position some of the projectors on the walls, custom made brackets were designed by Engineer Stefano de Vito and the Sovrintendenza. Such brackets could be placed inside the wall without making any holes in the bricks.

Each projector was installed as specified in the blueprints. Each tracking was realised with extreme precision, balancing the view of the Forum from the interior and from the, 7 metres higher, point of view of the observer from the street.

Each projector was recognised and

managed by the control system DALI. Each one of them was dimmed based on the desired power. 250 projectors were installed on an area of 20.000 square meters, and ready for the opening which took place on the 21st of April. The day of the opening, 35.000 people were present. Thanks to light, an area which appeared almost desert during the days of preparation was valorised, it started shining again and was returned to the citizens, becoming a popular meeting place.

minotecnico previsto, dovuti alla riduzione dei consumi e delle manutenzioni nel tempo.

Usando apparecchi a LED dotati *binnings* accuratamente selezionati, si assicura che il flusso luminoso ottimale e la resa cromatica sono ottenuti per ogni attività specifica illuminazione.

Tutti gli apparecchi LED utilizzati hanno caratteristiche di illuminazione specifiche, con sistemi ottici brevettati, come collimatori e lenti *Spherolit*.

I proiettori selezionati garantiscono comfort visivo efficiente e una vasta gamma di ottiche: *narrow spot*, *spot*, *flood*, *wide flood*, *ovalflood*, *wallwasher* con varie classi di potenza e garantendo un altissimo livello di precisione progettuale.

Tutti i proiettori sono gestiti da un sistema di controllo che consente di regolare l'intensità luminosa degli apparecchi LED con la massima precisione, sia con DALI e proiettori dimmerabili.

Molto spesso è necessario customizzare i corpi illuminanti, disponendoli di filtri aggiuntivi progettati specificamente per tali progetti, perfezionando ancora di più l'ottica.

Necessarie, prima dell'installazione finale, sono anche le prove tecniche. Ad esempio, nei Fori Imperiali, nel gennaio del 2015 sono state effettuate delle prove tecniche in loco, insieme alla Sovrintendenza Capitolina e i tecnici Acea e Erco. Ogni proiettore è stato verificato con la relativa ottica e potenza, la distanza tra un proiettore e l'altro, e si è quindi proceduto con la progettazione illuminotecnica definitiva.

I proiettori Erco selezionati corrispondevano esattamente a quello che era stato verificato con le curve IES utilizzate in 3dstudiomax per elaborare i *rendering* del concept luministico.

Alla fine di marzo 2015 è iniziata l'esecuzione dell'impianto elet-

trico e l'installazione degli apparecchi di illuminazione insieme all'Acea Illuminazione Pubblica, lavorando tutti insieme per cinque settimane giorno e notte, sotto il sole, la luna e la pioggia. Trattandosi di un sito archeologico, non è stato possibile fare scavi per il cablaggio e l'installazione dei proiettori. Tutti i proiettori sono stati montati su basi di acciaio inossidabile, zincati e verniciati allo stesso colore dei proiettori e tutti i cavi sono stati collocati in speciali canaline in acciaio inossidabile verniciati nello stesso colore del terreno. In alcune zone, con l'attenta collaborazione degli archeologi, è stato possibile posizionare i cavi nel terreno fino a una profondità massima di 10 cm.

Per posizionare alcuni proiettori sopra i muri sono state studiate delle apposite staffe insieme all'ing. Stefano de Vito e la Sovrintendenza che, senza bucare minimamente neanche un mattone, sono state inserite all'interno del muro stesso.

Ogni proiettore è stato installato come da progetto esecutivo. Ogni puntamento è stato eseguito con estrema precisione, bilanciando la visione sia dall'interno del Foro che dal punto di vista dell'osservatore che si trova sulla superficie stradale, superiore a circa 7 metri. Ogni proiettore è stato riconosciuto e poi gestito dal sistema di controllo DALI. Ogni proiettore era dimmerato in base alla potenza desiderata. Sono stati installati 520 proiettori in un'area di 20.000 mq e pronti per l'inaugurazione il 21 aprile. Il giorno dell'inaugurazione, il 21 aprile 2015, erano presenti 35.000 persone.

Un'area che, durante i giorni di preparazione, abbiamo visto essere quasi completamente deserta, tornava grazie alla luce a essere valorizzata e a risplendere, e veniva restituita ai cittadini, diventando quindi oggi un luogo di ritrovo.

Damiano D'Ambrosio,
Compositore

dadifi9@gmail.com

Mi piace partire dal titolo di una composizione musicale di Guillaume Dufay, il più famoso e influente compositore polifonico del Cinquecento. Il mottetto per coro di quattro voci a cappella, diviso in quattro sezioni, fu composto per la consacrazione della basilica di Santa Maria del Fiore a Firenze il 25 marzo 1436 da parte di papa Eugenio IV e, per quel che ne so, è il primo tentativo di contaminazione e interazione tra architettura e musica. Prevede una precisa corrispondenza tra i moduli architettonici della basilica e i moduli musicali del mottetto, arrivando a stabilire una rigorosa simmetria tra i valori delle durate affidate ai due tenori e le proporzioni delle due cupole, interna ed esterna, del Brunelleschi. Ci sono stati poi nel corso della storia della musica numerosi casi di uso più o meno consapevole della sezione aurea e della serie di Fibonacci da parte dei compositori, da Bach a Debussy e Bartok.

«Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi» (La musica è una pratica occulta dell'aritmetica, dove l'anima non sa di calcolare) così Leibnitz definiva la musica, per la sua inestricabile connessione con la matematica. E con la matematica e il calcolo preciso ha a che fare anche l'architettura. Esistono analogie e affinità più o meno strette fra le varie arti e riguardano sia la genesi dell'opera, sia le varie tecniche di sviluppo e realizzazione della stessa. C'è perfino analogia tra musica e arte culinaria (Rossini *docet*) per la scelta accurata degli ingredienti da utilizzare (temi), il sezionare e l'amalgamare gli stessi (sviluppo), il gusto per il colore (orchestrazione) la ricerca di sottili corrispondenze tra forma e contenuto, la raffinatezza nella presentazione delle portate e l'arte di accostare brani di una suite musicale. L'affinità è più evidente con le arti legate al movimento nel tempo, come il cinema, il teatro e la danza, e un po' meno con

le arti plastiche. A differenza di queste, legate essenzialmente allo spazio, la musica si svolge nel tempo e dal trascorrere del tempo ottiene il suo significato. È perciò strettamente connessa con la memoria, per la necessità di collegare i vari elementi sonori che compaiono, si confrontano e si avvicendano per trasmettere emozioni e realizzare un senso.

Leonardo parlava della «sventurata musica, che more immediatamente dopo la sua creazione», a differenza della pittura che resta in essere sulla sua superficie, e chiamava la musica sorella minore della pittura. Ma la musica è in grado di risorgere tutte le volte che la partitura viene eseguita, di acquisire a ogni riascolto un significato nuovo permettendo una comprensione sempre più profonda. Come diceva Calvino di un libro classico, una partitura musicale è qualcosa che non ha mai finito di dire quel che ha da dire.

L'intento di questo intervento è di analizzare affinità e differenze tra due arti in particolare, la musica con le caratteristiche legate alla sua evanescente esistenza e l'architettura, che esprime la sua poetica attraverso la solidità delle sue forme.

A differenza del progetto esecutivo di un'opera architettonica, che nasce sempre da esigenze pratiche, dalla necessità di rispondere alle richieste individuali e collettive del vivere umano, la partitura musicale può aver origine esclusivamente dalla necessità di comunicare dell'autore, può cioè non essere legata a domande di carattere pratico e utilitaristico. Almeno così sembra. Questa però è una concezione romantica dell'attività compositiva, piuttosto recente nella sua lunga storia. Anche la musica rispondeva e risponde tuttora a esigenze pratiche. Una stragrande quantità di spartiti e partiture è nata da esigenze ed eventi pratici, per accompagnare attività umane quotidiane. Basti pensare ai tan-

NUPER ROSARUM FLORES

I would like to begin this paper with the title of a musical composition by Guillaume Dufay, the most famous and influent polyphonic composer of the 1500s. The choir motet for four a cappella voices, divided into four sections, was composed for the blessing of the Santa Maria del Fiore basilica in Florence on the 25th of March 1436, by Pope Eugenio IV and, as far as I know, it was the first attempt of contamination and interaction between architecture and music. It foresees a precise correspondence between the architectural modules of the basilica and the musical modules of the motet, establishing a strict symmetry between the time assigned to the two tenors, and the proportions of Brunelleschi's interior and exterior domes. During the course of music history, there have been several cases of willful use of the golden ratio and Fibonacci's sequence

by composers, from Bach to Debussy and Bartok.

«Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi» (Music is a hidden practice of arithmetic, whereby the soul is not aware it is calculating) this is how Leibnitz defined music, for its entangled connection with mathematics. Architecture too deals with mathematics and precise calculations.

There are higher or lower degrees of analogy and affinity between the different arts. Such analogies concern both the genesis of the art piece, as well as the different development and building techniques of the latter. There is even an analogy between music and culinary art (Rossini *docet*) in terms of the accurate selection of ingredients (themes), the dissection and blending of the latter (development), the taste for color (orchestration), the search for

a subtle correspondence between form and content, the sophistication in the way courses are presented, and the art of associating musical pieces. The affinity is even more obvious in the arts linked to movement in time, such as cinema, theatre, and dance, and less in plastic arts. These are essentially linked to space, whereas music develops in time and obtains its significance from the passing of time. It's therefore strongly linked to memory as a result of the need to link the appearing, interacting, and unravelling sound elements, which transmit emotions and give a sense of things. Leonardo spoke of "sventurata musica, che more immediatamente dopo la sua creazione" (unlucky music which dies right after its creation), unlike painting which persists on the surface; hence he referred to music as painting's younger sister. But music is capable of rising again every

tissimi canti di lavoro della musica popolare o ai canti liturgici, a composizioni legate a eventi speciali: costruzioni di basiliche e dimore signorili, nozze, banchetti, nascite, funerali, battaglie, canti di liberazione e canti patriottici, musica per la caccia, per i reali fuochi d'artificio (G. F. Händel).

Che abbiano origine da committenze utilitaristiche o siano solo dettate da esigenze esistenziali di comunicazione dell'autore, tutte le musiche nascono da un progetto esecutivo, la partitura. Questa oggi tende alla precisione massima nella notazione, ma nel passato era piuttosto vaga. Il nostro pentagramma è un'invenzione possiamo dire recente. La notazione, cioè la necessità di precisare i parametri fondamentali di una composizione (altezza dei suoni, durata, dinamica, agogica e colore) è nata con dei segni particolari sulle parole da cantare, a indicare l'ascesa e la discesa della linea vocale, per poi precisarsi sempre più nell'indicazione delle altezze e delle durate, dell'intensità e del colore della voce o degli strumenti. Il progetto esecutivo dell'architetto ha dovuto invece rispondere fin dall'inizio a precise necessità di calcolo, legato com'è all'utilizzazione pratica e alle conseguenti esigenze fisiche. La notazione di una partitura musicale, man mano che si passava da composizioni esclusivamente vocali a generi e forme strumentali sempre più complesse, ha dovuto affinarsi e dotarsi di segni sempre più precisi. Questo per la tradizione occidentale. Per altre culture è prevalso invece l'uso di notazione sfuggente, vaga e approssimativa, a volte affidata solo alla tradizione orale, utile per improvvisare, come accade oggi nel linguaggio jazzistico. Un'estremizzazione di quest'atteggiamento si è avuta recentemente con il movimento di musica aleatoria degli anni sessanta, in cui sono date solo indicazioni vaghe sulla struttura e sul contenuto espressivo da

raggiungere, lasciando circa liberi gli esecutori nell'uso delle durate, delle dinamiche o dei timbri strumentali. A parte questi atteggiamenti piuttosto rari ed estremi, abitualmente la scrittura di una partitura musicale prevede un progetto preciso ed efficacemente notato e ha in comune col progetto esecutivo di un'opera architettonica notevoli affinità.

Si parte dalla definizione del progetto per stabilirne le finalità e quindi individuare l'organico strumentale da utilizzare. Occorre poi determinare la forma del brano da scrivere. La musica, come dicevo, si svolge nel tempo. La forma in musica è l'articolazione psicologica del trascorrere del tempo, è molto simile a quella del racconto, dove il prevedibile e l'imprevisto giocano un ruolo fondamentale per la creazione di emozioni. Di solito una composizione orchestrale (quella che si avvicina di più al progetto esecutivo per l'ingente quantità di maestranze che coinvolge) si propone l'utilizzo di grandi forme (Opera, Oratorio, Sinfonia, Concerto, Poema sinfonico). Questo comporta un'immediata esigenza di partizione della grande forma, che sarà articolata in atti, scene, movimenti (Allegro, Adagio, Tema e Variazioni, ecc.). Si passa quindi all'invenzione dei temi e loro derivati, da esporre, contrapporre e amalgamare nel trascorrere del tempo, partendo dalla definizione di un linguaggio omogeneo, cioè dalla scelta di regole costruttive e stringenti criteri di unione dei suoni. Da questa dialettica, a volte serrata e a volte rilassata, nasce il racconto musicale che genera la comprensione emotiva di una partitura. Il passo successivo definisce il 'colore' da assegnare ai singoli incisi temi, si stabilisce cioè se il tema in evidenza sarà affidato a uno strumento o una voce solista (e a quale) o a una famiglia di strumenti, si definisce quale rapporto cromatico usare tra temi in evidenza e sottofondo di accompagnamento.

time the score is performed and to acquire each time a new meaning and a progressively deeper understanding. As Calvino used to say about a classic book, a musical score is something that has never finished to say what it has to say.

This paper aims to analyse affinities and differences between two arts in particular: music, with the characteristics linked to its evanescent existence, and architecture, which expresses its poetics through the solidity of its forms.

As opposed to the blueprints of an architectural project, which is always a result of a practical need, a response to individual and collective human needs, a musical score can originate exclusively from the author's need to communicate something, and therefore it is not necessarily linked to practical and utilitarian questions. Or

at least, so it seems. Although this is a romantic conception of composing, quite recent in its long history. Music too used to, and still responds to, practical needs. Vast quantities of musical scores were generated by practical needs and requirements to accompany everyday human activities. It's enough to think about the numerous pop music work songs or liturgical chants, and music compositions linked to special events: opening of cathedrals and noble homes, marriages, banquets, births, funerals, battles, chants of deliverance and patriotic songs, music for hunting, for regal fireworks (G. F. Händel).

All music – the one originating from utilitarian commissioning, or the one motivated by the author's existential needs – is the result of an executive project: scoring. At the present scoring tends toward maximum precision in terms of notation, while in the past

it was quite vague. We could say that the pentagram is a recent invention. Notation, the need to specify the fundamental parameters of a composition (sound pitch, duration, dynamics, agogic and color), was introduced through specific signs placed on words that had to be sung, to determine the ascent and descent of the vocal line, and later become even more specific through the identification of pitches and duration, of voice and musical instrument intensity and color. The architect's blueprints, on the contrary, has always had to respond to precise calculation needs, as it is linked to practical use and physical needs. Musical score notation – in the shift from strictly vocal compositions to more complex genres and instrumental forms – had to refine itself and define precise signs. This is true for the Western tradition. In other cultures, on the contrary, the

use of elusive, vague and approximate notation prevailed, often relying on exclusively oral tradition, and this was suitable to improvise, just like in the contemporary Jazz language. We have witnessed an extreme expression of such attitude in recent times, in the Sixties' aleatory music movement, whereby only vague indications on the structure and the expressive content were provided, leaving the performers free in terms of duration, dynamics or instrumental tones. Apart from these rare and extreme attitudes, writing a musical score usually requires a precise and noted project and shares many affinities with architectural blueprints.

We can start by defining the project to determine its affinities and then identify the instrumental ensemble that ought to be used. Then, we need to determine the form of the piece we want to write. Music, as I mentioned before,



Va detto che il lavoro iniziale d'invenzione del materiale tematico quasi sempre subisce variazioni in corso d'opera, e che durante la stesura della partitura possono comparire nuovi incisi tematici nati da suggestioni e da riflessi sonori di combinazioni a volte casuali. Ovviamente bisogna disporre di grandi doti artigianali nel gestire simili proliferazioni ed espansioni per non compromettere la visione unitaria e i rapporti di proporzione all'interno di una composizione.

Quindi si passa alla stesura della partitura. È questo il vero e proprio lavoro compositivo. Comporre "*cum ponere*", mi disse Nino Rota al mio primo saggio di composizione, non è giustapporre, ma organizzare, cioè stabilire una gerarchia precisa tra gli elementi, creare una successione di eventi sonori, dove la ripetizione e la novità s'intrecciano inestricabilmente, permettendo così la comprensione dell'opera. Spesso mi chiedono come nasce una composizione musicale. Cerco di cavarmela con poco parlando del gioco infantile che consiste nel creare forme comuni o fantasticamente bizzarre (a volte di pura invenzione) utilizzando i mattoncini Lego. Il processo creativo assomiglia molto a quanto accade nel caleidoscopio. Noi conserviamo dalla nascita (addirittura fin dalla gestazione) e per tutto il tempo dell'esistenza frammenti di memorie olfattive, visive e uditive. Quando quel meraviglioso caleidoscopio che è la mente viene agitato (mosso, commosso) i frammenti di memoria uditiva con una libera e imprevedibile motilità si compongono in forme e combinazioni che danno luogo a un succedersi d'invenzioni e strutture sonore¹. Si tratta di una dialettica senza fine tra invenzione, attività di sviluppo e sistemazione definitiva.

Anche questo è un aggettivo che va preso con le molle. Una composizione non raggiunge mai una sistemazione definitiva, è

sempre suscettibile di ristrutturazioni e accomodamenti da parte dell'autore. Basti pensare, per esempio, alla lunghissima gestazione (14 anni) e alle innumerevoli correzioni apportate in seguito da Johannes Brahms alla sua prima sinfonia.

Immagino accada lo stesso per il progetto esecutivo prima della sua realizzazione. Per la musica questo può succedere ogni qualvolta la partitura viene eseguita. Personalmente a ogni replica di una mia composizione ho la necessità di rivedere la partitura e di riscriverla, se il tempo a disposizione lo consente. All'inizio pensavo che ciò accadesse solo a causa di una certa mia insicurezza o per una trascuratezza presente nella prima stesura. In realtà è la natura stessa di una partitura musicale a consentire modifiche e ripensamenti, perché ciò che la governa è la memoria con i suoi giochi di riferimenti e rimandi al già vissuto. Una partitura dunque è un libro sempre aperto almeno durante la vita dell'autore. Ma diventa un punto di riferimento rigoroso per l'interprete.

E qui va affrontato il problema del rapporto fra autore e interprete. Il progetto esecutivo di un'opera architettonica prevede giustamente una costringente necessità di fedeltà da parte del direttore dei lavori e delle varie maestranze coinvolte. Dovrebbe essere lo stesso per la realizzazione di una partitura musicale. Questo avviene, ma con opportune e svariate differenze. Spesso

takes place in time. Form in music is the psychological articulation of the passing of time, it's very similar to storytelling, where the 'predictable' and the 'unexpected' play a fundamental role in the creation of emotions. Usually, an orchestral composition (the closest one to architectural blueprints because of the numerous craftsmanship involved) proposes the use of great forms (Opera, Oratory, Symphony, Concert, Symphonic Poem). This entails an immediate need for form partitioning, which will be divided into acts, scenes, movements (Allegro, Adagio, Theme and Variations, etc.). Hence we move on to the invention of the themes and their derivatives, that ought to be exposed, contraposed and blended with time, starting from the definition of a homogenous language, that is, from the choice of construction rules and sound arrangement criteria.

Standing from the base of the emotional composition of a score, this – sometimes tight and sometimes loose – dialectic generates the musical story. The next step defines the colour that ought to be assigned to single themes, establishing whether the highlighted theme will be interpreted by a musical instrument or a solo voice (and to which one) or to a family of musical instruments. Moreover, this step is dedicated to selecting the chromatic relationship between the highlighted themes and the musical background. It's important to point out that the thematic material invention phase, is almost always modified along the way, and that during the drafting of the score new themes can emerge from sound suggestions and reflexes generated by causal combinations. Clearly, it's important to possess great crafting skills to manage such proliferation and

expansions without compromising the unitary vision and the proportional relationships in the composition.

Hence we move to the drafting of the musical score. This is the actual compositional work. Composing "*cum ponere*", Nino Rota told me in the occasion of my first composition recital, is not about juxtaposing, but rather organising, establishing a precise hierarchy between elements, and creating a succession of sound events whereby repetition and novelty intertwine inextricably, allowing the composition of the work. They often ask me how a music composition is born. I usually try to answer talking about the childish game that consists in common or bizarre forms (sometimes pure inventions) using Lego building blocks. The creative process resembles kaleidoscopes. Since childbirth (actually even since gestation) and throughout our

lives, we keep fragments of olfactory, visual and hearing memories. When the marvellous kaleidoscope of our mind is shaken (moved) the sound memory fragments come together in forms and combinations following free and unpredictable mobility and generating a set of inventions and sound structures¹. It's a never-ending dialectic between invention, development activities and final forms. Also, the latter is an adjective that should be used carefully. A composition never reaches a final form, it's always open to restructuring and rearrangement by the author. We can use as an example the extremely long gestation (14 years) and the numerous corrections Johannes Brahms made to his first symphony. I imagine the same thing happening for architectural blueprints before the realisation of the project. In music, this can happen every time the musi-

qualcuno mi chiede se è proprio necessaria la figura del direttore d'orchestra. Non è sufficiente un testo dotato di rigorosa notazione e ottimi musicisti che lo sappiano leggere e tradurre in suoni? Effettivamente non sempre è necessario un direttore d'orchestra. Basti pensare a tutta la musica cosiddetta 'da camera', quella che prevede un solo esecutore o piccole formazioni come il duo, trio, quartetto, quintetto e altri organici di piccole dimensioni. Anche qui, però, se manca il ruolo specifico del direttore, c'è sempre uno degli interpreti che ne fa le veci, e che con il suo carisma riesce a conferire un'impronta precisa e unitaria all'esecuzione del brano. Il fatto è che una partitura, precisa e rigorosa quanto vogliamo, va sempre interpretata. E per varie ragioni.

L'autore con la partitura scritta immagina il suono ideale complessivo, la realizzazione è legata a innumerevoli variabili, come la qualità fisica degli strumenti usati, la loro più o meno padronanza tecnica da parte di chi li suona, l'acustica dell'ambiente dove si realizza e la presenza più o meno numerosa di ascoltatori. Una partitura vive nel momento in cui si trasforma in vibrazioni sonore e, legata com'è al trascorrere del tempo, è influenzata da una miriade d'interazioni fra i soggetti che la attualizzano. Per me l'interprete svolge un ruolo non solo esecutivo, ma partecipa in qualche modo all'attività creativa. La lettura di una partitura sollecita la memoria dell'interprete, che sulla scia della sua esperienza esecutiva globale risponde, traducendo le note in qualcosa di assolutamente personale, pur basandosi sui parametri dalle note stesse evidenziati. È questa la ragione che legittima molteplici interpretazioni della stessa partitura, a volte diverse e contrastanti, ma spesso ugualmente valide. Personalmente ho sempre lasciato un notevole margine di libertà al direttore d'orchestra o all'interprete delle mie composizioni. Ne sono venute

fuori realizzazioni a volte diverse ma quasi sempre altrettanto valide e convincenti. Quello che serve è un rapporto di fiducia empatica tra autore e interprete, che a volte per la sua qualità ed esperienza esecutiva può suggerire soluzioni non previste dall'autore. Il direttore poi deve godere della stima degli esecutori che coordina. Esiste tutta una letteratura sulla figura del direttore e le complicità psico/sociologiche nei suoi rapporti con i professori d'orchestra.

E mi sembra piuttosto ovvio. Si tratta pur sempre di esperienze esistenziali a confronto, di maturità artistiche provenienti spesso da diverse culture. A volte nella stessa orchestra coesistono generazioni diverse con sensibilità differenti e spesso contrastanti. Tutto questo è in grado di stressare e condizionare enormemente l'interpretazione di un'opera musicale. Per la mia esperienza un direttore valido è colui che oltre ad avere un rapporto empatico con l'autore, è in grado di proporsi con il giusto carisma e l'autorità necessaria per coordinare maestranze spesso di grande sensibilità ed esperienza artistica. Quando questo accade, tutta l'orchestra vibra nel modo giusto e trasmette agli ascoltatori una visione complessiva che lascia una scia emotiva profonda.

La qualità dell'interpretazione inoltre è legata alla quantità di tempo impiegato nello studio di una partitura. Un grosso problema di oggi è l'esiguità del numero di prove che abitualmente vengono assegnate soprattutto per ragioni economiche, ma anche per una certa trasandatezza da parte di chi gestisce orchestre e teatri.

A volte prime esecuzioni di grandi partiture sinfoniche che coprono il tempo complessivo di un intero concerto, sono realizzate con due/tre prove al massimo. Un tempo debitamente prolungato è necessario perché il direttore e gli orchestrali possano

cal score is executed. If there is enough time, I personally feel the need to review and rewrite the musical score at every replica of my compositions. Initially, I thought that this happened exclusively because I was insecure or because of my carelessness during the first drafting. In reality, it's the very nature of a musical score that allows for alteration and rethinking, because what governs it is in fact memory, with its games and references to past experience. Hence, a score is a book that is always left open, at least during the author's lifetime. But it becomes a rigorous reference point for the performer. Now we must tackle the problem represented by the relationship between author and performer. The blueprint of an architectural work requires a faithful execution by the site manager and the other involved workers. The same should be true for the realisation of a

musical score. This does happen, but with some differences. Often people ask me if the conductor is really required. Aren't a text with rigorous notations and great musicians capable of reading it and translating it in sounds? As a matter of fact, a conductor is not always necessary. Just think of all the chamber music, that foresees a single performer or small combinations like the Duo, the Trio, the Quartet, the Quintet, and other small formations. Also in this case, if the specific role of the conductor is missing, one of the performers, capable of assigning a precise and unitary impression to the execution of the piece, thanks to his/her charisma, usually takes his/her place. The fact is that for several reasons, a musical score always needs to be interpreted. The author writing the musical score imagines the ideal overall sound, the performance is linked to several

variables such as the physical quality of the musical instruments used, the technical skill of the people who play such instruments, the acoustics of the room, and by the presence and number of people listening in the audience. A musical score comes to life at the moment in which it's transformed in sound vibrations and, since it's deeply linked to time, it's always influenced by a multitude of interactions among the subjects who perform it. I believe that the performer has, of course, an executive role, but he/she also participates to the creative activity. The reading of a musical score stimulates the memory of the performer who, following the wake of his global performing experience, translates the notes in something personal, even if he/she is following the parameters highlighted in the notes. This is what legitimises multiple interpretations of the same

musical score, sometimes they are different and contrasting interpretations, but all equally valid. I personally always leave a margin of freedom to the conductor or the performer of my musical compositions. The outcomes are very different, but almost always valid and convincing performances. What we need is to establish a relationship of empathic trust between author and interpreter, the latter, thanks to his/her experience can sometimes operate solutions unplanned by the author. The conductor must be appreciated by the performers he/she is coordinating. There is extensive literature on the role of the conductor and the psycho/sociological complication of his/her relationship with orchestra professors. This seems quite obvious to me. They represent, in fact, different existential experiences and artistic maturities coming from different cultures making

02 | Partitura con flauto, registrazione di SOL HIRAJOSHI, Palazzo Lanfranchi, Matera 2009.
Foto di Giuseppe Maino

Score for flute, recording of SOL HIRAJOSHI, Palazzo Lanfranchi, Matera 2009. Photo by Giuseppe Maino

03 | Pianoforte, registrazione della PARTITA BAROCCA, Palazzo Lanfranchi, Matera, 2009.
Foto di Giuseppe Maino

Piano, recording of PARTITA BAROCCA, Palazzo Lanfranchi, Matera, 2009. Photo by Giuseppe Maino

02 |



| 03

acquire e digerire una nuova partitura o aggiornare un brano di repertorio, per farsene un'idea dell'insieme e poterla realizzare con tutta la serenità necessaria senza timore di sbagliare passi ardui. La lentezza nell'apprendimento è direttamente proporzionale alla precisione e alla qualità dell'esecuzione. E questo lavoro l'ascoltatore lo percepisce, sia pure inconsciamente.

Veniamo ora ai problemi legati all'ascolto di una partitura mu-

sical. Qui le connessioni con l'architettura sono fondamentali. Le onde sonore viaggiano nello spazio, e lo spazio è circoscritto da strutture architettoniche. Bisogna subito distinguere due tipologie di esecuzioni musicali, quelle all'interno di spazi chiusi e le esecuzioni destinate all'aria aperta. Ci sono generi musicali nati per essere eseguiti all'aperto con gli esecutori in movimento, molto frequenti in passato. Ma accade ancora oggi, per esempio,

contact. Sometimes different generations with different, and often contrasting, sensibilities coexist in the same orchestra. All this can stress and greatly influence the interpretation of a musical piece. In my experience, a valuable conductor needs to have an empathic relationship with the composer and is capable, with his/her charisma and authority, to coordinate very sensible and experienced performers. When this happens, the entire orchestra vibrates harmoniously and transmits to the audience an overall vision that leaves behind a deep emotional wake. Moreover, the quality of the interpretation is linked to the time invested in studying a musical score. A big problem today is the very limited number of rehearsals due to budget reasons and negligence by orchestra and theatre managers. Sometimes the first execution of great symphonic scores that cover the dura-

tion of an entire concert is performed after only two/three rehearsals. A long time is necessary for the conductor and the orchestra musicians to acquire and digest a new musical score or actualise a piece of the repertoire, to have a comprehensive idea and be able to perform it with ease and without the fear of making mistakes. The slow speed of learning is directly proportional to the precision and quality of the performance. The audience is unconsciously aware of these workings. Let's now address the problems linked with listening to a musical score. Here the connections with architecture are crucial. Sound waves travel through space, and space is confined by architectural structures. We need to distinguish right away two typologies of musical performances, the indoor and the outdoor ones. There are musical genres that were invented to be performed

outdoors with moving performers. These were very frequent in the past. They still exist today, it's enough to think of marching bands, which are the subject of a rich and noble literature. In this case, the relationship with the audience is dynamic and ever-changing, if the listener is standing still, it fades in and out. The emotional aspect can be very engaging and suggestive as sounds move in space, creating different sound reflections. But most classical music is performed and heard in confined spaces, where the quality of acoustics becomes key for the listeners. The architectural characteristics of an auditorium or a theatre don't always meet the requirements of a musical score. We all know how difficult and problematic it is to guess the correct acoustics in a place destined to house musical performances due to the numerous factors

that interact, such as: the different speeds at which high and low sounds travel, sounds produced by instruments that privilege certain harmonies more than others, percussion sounds and exclusively melodic sounds, single sounds, and mix of sounds, instruments with a tempered pitch and natural pitch (like voice). A constantly debated problem is where and how to display the orchestra elements and where to place the audience, if it's better to place them in front or around the performers, and at what distance. A very interesting but extravagant experience could be to move around the room during the performance, to test its acoustic response.

It's also important to foresee different room typologies for different musical genres. One of these is chamber music. Such genre, as we know, was a result of the need to have a more intimate musi-

con le marce per banda, di cui esiste tutta una copiosa letteratura, e anche nobile. In questo caso il rapporto con l'ascoltatore è dinamico e cangiante, in assolverenza e dissolverenza, posto che l'ascoltatore stia fermo. L'impatto emotivo può essere molto coinvolgente e suggestivo dal momento che le sonorità si spostano nello spazio, creando riflessi sonori di notevole varietà.

Ma la maggior parte della musica classica o colta che dir si voglia è eseguita e ascoltata in luoghi chiusi, la cui acustica è fondamentale per un ascolto di qualità. Le caratteristiche architettoniche di un auditorium o di un teatro non sempre soddisfano le esigenze di una partitura musicale. Sappiamo tutti quanto sia difficile e problematico indovinare una corretta acustica nella progettazione e costruzione di un ambiente destinato ad accogliere esecuzioni musicali, a causa dei molteplici fattori che intervengono, come la diversa velocità con cui viaggiano suoni acuti e suoni gravi, suoni prodotti da strumenti che privilegiano alcuni armonici piuttosto che altri, suoni percussivi e suoni prettamente melodici, suoni singoli e amalgami di suoni, strumenti a intonazione temperata e strumenti (come la voce) a intonazione naturale. Un problema continuamente dibattuto è dove e come disporre le varie famiglie orchestrali e dove collocare gli ascoltatori, se davanti agli esecutori o intorno ad essi, e a quale distanza. Un'esperienza molto interessante ma stravagante ed eccentrica potrebbe essere quella di spostarsi continuamente durante l'esecuzione in vari posti della sala per sperimentare le differenti risposte acustiche della stessa.

È importante altresì prevedere diverse tipologie di ambienti per l'ascolto dei vari generi musicali. Uno di questi è la musica da camera. Il repertorio cameristico, com'è risaputo, è nato per rispondere all'esigenza di una fruizione più intima del prodotto

musicale, al di fuori delle occasioni pubbliche legate a eventi straordinari sacri o profani. È sorto per far fronte al bisogno del compositore di raccontare se stesso a pochi intimi, e di conseguenza è connotato come prodotto per intenditori e appassionati e destinato a esecutori dotati di particolari capacità espressive. Con la costruzione di sale da concerto, di teatri e di auditorium di ampiezza sempre crescente, la musica da camera è stata consegnata alla fruizione di masse sempre più numerose. Il fatto dovrebbe far felice ogni operatore musicale e ogni compositore. Ma sorge un dubbio: può una musica, nata e destinata per pochi, conservare le caratteristiche espressive originarie quando viene eseguita in ambienti vastissimi, anche se acusticamente perfetti? Sarebbe un po' come raccontare i propri sogni e le proprie esperienze in un *talk-show* televisivo, col rischio che tutto appaia preconfezionato e di cattivo gusto, come troppo spesso succede. Eppure sono convinto che l'esecuzione di musica da camera, come la lettura in pubblico di poesia o di prosa o di un epistolario possano avere grande impatto e diventare uno spettacolo di grande efficacia per un pubblico numeroso, se ciò accade nel luogo appropriato. Si tratta in fondo di musica o di espressioni artistiche concepite 'a misura d'uomo' che, in un'epoca di eccessiva massificazione, in un vorticoso riversarsi di spettacoli di massa rumorosi, può risultare di enorme utilità per recuperare il senso del finito e il gusto per l'artigianale. Intanto nuove modalità di ascolto si sono sperimentate e diffuse, come le riproduzioni meccaniche di concerti su supporti sempre più raffinati e sofisticati (CD, DVD IPOD ecc.), la diffusione via internet o l'ascolto in cuffia. Si tratta di abitudini ormai consolidate e che mostrano un approccio ambiguo alla fruizione dei prodotti musicali. Perché, mentre da una parte rispondono all'esigenza di unirsi sia pure virtualmente alla massa

cal product, different from the public occasions linked to extraordinary sacred or profane events. It was invented to meet the need of the composer to share his composition with an intimate crowd; therefore, it's a product meant for connoisseurs and enthusiasts and destined to be executed by skilled performers. When concert halls, theatres and auditorium started to be built, chamber music became accessible to bigger audiences. This should make all musical operators and composers happy. But a doubt arises: can a musical piece, invented and composed for few people, preserve the original expressive character when it's performed in ample, even if acoustically perfect, rooms? It would be like telling our dreams and experiences in a TV talk show, risking that everything might sound prefabricated and acquire a bad taste. Yet I am convinced that cham-

ber music performance, like reading prose and poems or letters in public, can have a great impact and become a very effective show for a big crowd if it's performed in a suitable place. After all we are talking about music and artistic expressions conceived on a 'human scale' that, in an era characterized by overcrowding, with a vortex of noisy mass spectacles, can turn out to be very useful for recovering a sense of finitude and a taste for artisanal things. In the meantime, new listening modalities, such as mechanical concert reproductions on refined and sophisticated media (CD, DVD IPOD, etc.), internet streaming, and listening through headphones, have been experimented and divulged. These have now become consolidated habits that show an ambiguous approach towards the fruition of musical products. Because while on the one hand,

these media respond to our need to join, even if only virtually, the listening masses, on the other hand, they allow us to completely isolate ourselves in a world of sensations and 'meditations' linked exclusively with our inner life. Even if we leave aside considerations about hygiene, listening through headphones imparts profound limitations that prevent an authentic and healthy listening of a musical composition. There are no musical reproductions, even the most accurate ones, that can compete with a live performance, where the gestures of the performer and the physical and environmental engagement of the listener are irreplaceable if we wish to make 'listening' a phenomenon capable of producing interaction and engagement. Therefore, if a stadium or a palauditorium are not suitable for chamber music, and listening through headphones or

high fidelity media can satisfy the expectations of a human approach, small rooms and theaters, or even art galleries and museums, are able to offer the suitable *habitat* for compositions that were meant to be performed among families (maybe extended families, but never excessively crowded). Weren't also paintings, in the majority of case, created to witness the unravelling of everyday life in the family or in the spaces for work and meditation? The art gallery is the environment where light and sound vibrations can come together and mingle, arousing inner vibrations.

Musical scores that involve great orchestral masses require, on the other hand, suitable architectural structures. Nowadays, we need to mature greater sensibility towards this cultural requirement. Fortunately, we have witnessed the restoration of jewels, thea-



tres in the small peripheric provinces that were used as cinemas or associated with other less noble uses in the past. Unfortunately, many Italian cities still lack suitable venues dedicated to music listening. This year Matera is the European Capital of Culture, but it lacks a dignified theatre or auditorium. For some time now there has been the tendency to use vast arenas, ancient thermal baths, and sports stadiums for musical performances destined for great orchestral masses. This allows us to involve a very vast audience, imitating the grand pop music performances. Toscanini used to say that we play bocce outdoor. I agree with him, and I believe that this is not the most suitable solution. First of all, because it requires an effective (and sometimes powerful and annoying) sound amplification, and the latter alters the sound relationship between classical orches-

tra families. Moreover, it often places excessive distance between performers and audience, preventing an effective interaction between 'listening' and the performers' emotional expression, and favouring carelessness and lack of concentration. I believe that creations such as Beethoven's 9th Symphony or similar musical scores, should never undergo this kind of stress: they need the right sound balance to speak to our soul. The problem consists of finding a way to bring such masterpieces to a wide audience. In the past, the problem could be solved through replicas. Some works remained on the calendar for entire seasons. Nowadays we often listen to the first executions of orchestral works without replicas, burning in one go great artistic efforts and financial resources. Also, big auditoriums are not suitable. The ideal size for classical music can be found in theatres

of the 1800s, which offer a suitable harmony between acoustics and audiences' distance from the sound source. Lastly, we must tackle the problem of the meaning of a musical piece. This topic involves all the products of artistic activity. A monument, a building, a sculpture, a painting, a literary piece, all have an immediate meaning, an adjective, resulting from the object that each one of these artistic products intends to represent. The receiver of the product then attributes meaning to it. A musical composition can nevertheless refer to something objective, indicated by the title (*The Four Seasons*, *The Moldava*, *Symphony from the New World*, and so on and so forth)², but the link between musical structure and object will never be demonstrable. We often hear people speak about "programmed music", as opposed to "pure music". But these terms are misleading.

Musical composition is only a complex sound structure, organised in more or less articulated forms. Thanks to the listener's memory, to his/her listening experience, and his capacity to find links and analogies, that we discover symbology and metaphors related to personal conscious and unconscious existence.

In conclusion, there are several analogies between architectural blueprints and musical scores. These analogies concern above all the complexity of elaboration, the need for a precise and shared codification of the execution procedures, the conjunction of multiple experts, and the need for a unitary direction to guarantee an organic execution of the performance. The numerous differences between these two arts are all about the building material: on one side we have the solidity of matter required for buildings which, due

di ascoltatori cui si desidera appartenere, dall'altra permettono di isolarsi completamente in un mondo di sensazioni e 'meditazioni' collegate esclusivamente con la propria vita interiore.

Lasciando da parte considerazioni d'igiene salutistica, l'ascolto in cuffia presenta comunque dei limiti profondi che impediscono l'autentico e salutare ascolto di una composizione musicale. Non esiste, infatti, nessuna riproduzione, sia pure di altissima fedeltà, che possa competere con una dignitosa esecuzione 'dal vivo', in cui la gestualità dell'esecutore e il coinvolgimento fisico e ambientale dell'ascoltatore sono insostituibili se si vuol fare dell'ascolto un fenomeno capace di creare interazione e coinvolgimento. E allora, se uno stadio o un palauditorium, o quanto gli assomigli, non sono luoghi adatti alla musica da camera, né l'ascolto in cuffia o mediante riproduttori di alta fedeltà può soddisfare le aspettative di un approccio umano e fecondo a tale repertorio, piccole sale o piccoli teatri o, addirittura, pinacoteche o musei, sono invece in grado di offrire l'*habitat* ideale per composizioni nate per essere eseguite 'in famiglia' (allargata quanto vogliamo, ma mai eccessivamente numerosa). I dipinti, d'altra parte, non sono stati anch'essi creati, nella maggioranza dei casi, per accompagnare lo scorrere della vita quotidiana nell'ambiente familiare o nei luoghi di studio e di meditazione? La pinacoteca è l'ambiente dove vibrazioni luminose e vibrazioni sonore possono mescolarsi, suscitando vibrazioni interiori.

Partiture che coinvolgono grandi masse orchestrali esigono, invece, strutture architettoniche adeguate. È necessaria oggi una politica di maggiore sensibilità verso questa esigenza culturale. Per fortuna si assiste a restauri di piccoli gioielli, teatri nati anche nelle province più periferiche e spesso in passato adibiti a cinema o ad altri meno nobili usi. Ma mancano ancora in tante città italia-

ne luoghi adeguati destinati all'ascolto della musica. Quest'anno Matera è Città europea della Cultura, ma non dispone di un teatro o di un auditorium dignitoso. È invalsa da un po' di tempo l'abitudine di utilizzare per le esecuzioni musicali destinate a grandi masse orchestrali, vasti luoghi all'aperto, come arene, antiche terme, stadi sportivi. Il tutto per coinvolgere un pubblico sempre più numeroso, a imitazione dei grandi spettacoli di musica leggera. All'aperto, diceva Toscanini, si gioca a bocce. Concordo e trovo che questa non sia la soluzione più idonea. Intanto perché richiede un'efficace (a volte potente e fastidiosa) amplificazione dei suoni, e questa altera i rapporti di sonorità tra le famiglie di un'orchestra classica. Inoltre finisce col creare una distanza a volte eccessiva tra gli esecutori e il pubblico, impedendo un'efficace interazione tra ascolto ed espressione emotiva degli interpreti, e favorendo così disattenzione e mancanza di concentrazione. Creazioni come la Nona Sinfonia di Beethoven o partiture simili, secondo me, non andrebbero sottoposte a un tale stress: hanno bisogno del giusto equilibrio sonoro per poter parlare all'anima. Resta il problema di come portare simili capolavori a un pubblico numeroso. Una volta il problema si risolveva con le repliche. Ci sono opere rimaste in cartellone per intere stagioni. Capita spesso oggi di ascoltare delle prime esecuzioni di lavori orchestrali senza alcuna replica, bruciando in un'unica fiammata grandi sforzi artistici e risorse economiche. Anche auditorium di vastissime dimensioni non servono allo scopo. Le dimensioni ideali per l'ascolto della musica classica

to underlying precise physical laws, requires a strict adherence to the project; on the other hand we have the ethereal nature of sound and its multifold modulation, which allows for multiple interpretations of the same musical score and confers a lot of freedom to the performers in their confrontation with the music sheet, drawing simultaneously from the technical skills and the emotional experience of each individual.

by Eric Satie (*Préludes flaques pour un chien, Trois morceaux en forme de poire*).

NOTES

¹ This could be the answer to the long-standing question about what inspiration is.

² The habit of assigning titles to musical pieces is fairly recent in the history of music. Sometimes titles are just provocative gestures, like the *Péchés de vieillesse* by Gioachino Rossini (to mention a few: *Quatre Hors d'oeuvre, Prélude convulsif, les Figues sèches*) or



| 05

sono quelle dei teatri ottocenteschi, per un'adeguata armonia tra acustica e distanza dell'ascoltatore dalla fonte sonora.

Infine va affrontato il problema che riguarda il significato di un brano musicale.

È un argomento che concerne tutti i prodotti dell'attività artistica. Un monumento, un edificio, una scultura come un quadro, un lavoro letterario, hanno tutti un significato immediato, diciamo oggettivo, derivante dall'oggetto che ognuno di questi prodotti artistici intende dichiaratamente rappresentare.

Il destinatario del prodotto poi gli attribuisce un significato a lui congeniale. Una composizione musicale può comunque avere come riferimento qualcosa di oggettivo a cui il titolo rimanda (*Le quattro stagioni*, *la Moldava*, *Sinfonia dal nuovo mondo* e via enumerando)², ma è la connessione tra struttura musicale e oggetto che non sarà mai dimostrabile. Si parla spesso di "musica a programma", per contrapporla alla cosiddetta "musica pura". Si tratta di una terminologia fuorviante. Una composizione musicale è solo una complessa struttura di suoni, organizzata in forme più o meno articolate. È la memoria dell'ascoltatore che con la sua esperienza uditiva trova connessioni e analogie, scopre simbologie e metafore che rimandano a riferimenti personali e al vissuto conscio e inconscio della propria esistenza.

Per concludere, numerose sono le analogie fra progetto esecutivo e partitura musicale. Riguardano soprattutto la complessità dell'elaborazione, la necessità di una codificazione precisa e condivisa delle procedure di esecuzione, la concomitanza di molteplici attori esperti e la necessità di una direzione unitaria che ne garantisca l'organica realizzazione.

Le numerose differenze fra le due arti fanno capo tutte alla diversità del materiale con cui si costruisce: da una parte la solidità

della materia richiesta per innalzare edifici, che, con le sue precise leggi fisiche su cui si fonda, comporta una ferrea aderenza al progetto, dall'altra la natura eterea del suono e la sua molteplice modulazione, che consente, di una stessa partitura, differenti interpretazioni, e concede alla catena d'interpreti una notevole libertà nel confrontarsi con lo spartito, partendo dalle capacità tecniche e nello stesso tempo dall'esperienza emotiva di ognuno.

NOTE

¹ Potrebbe essere questa la risposta all'annosa domanda su che cosa sia l'ispirazione.

² L'abitudine di apporre dei titoli ai brani musicali è piuttosto recente nella storia della musica. A volte i titoli sono soltanto gesti provocatori, come quelli dei "Péchés de vieillesse" di Gioachino Rossini (per citarne alcuni: "Quatre Hors d'oeuvre", "Prélude convulsif", "les Figues sèches") o di Eric Satie ("Préludes flagues pour un chien", "Trois morceaux en forme de poire").

Gregorio Botta,
Artista

gregorio.botta@gmail.com

Nel suo Decamerone Pier Paolo Pasolini sceglie per sé il ruolo dell'allievo aiutante di Giotto, impegnato nell'affrescare una cattedrale. Quando l'opera è finalmente terminata, mentre le campane dei frati suonano a festa, Pasolini la guarda un'ultima volta e dice: «Ma io mi chiedo: perché realizzarla, quando è così bello soltanto sognarla?». È la frase finale del film e recitata dal regista-attore la domanda assume, ovviamente, un metasignificato: vale per la pittura appena dipinta, vale per il film appena girato che così giunge alla parola fine. Vale sempre e comunque, per ogni opera d'arte. Vale perché spesso la distanza tra il sogno iniziale e la realizzazione è abissale.

Tanto da farci chiedere se ciò che è nato è davvero figlio di quel sogno.

«**Ho fatto un sogno**» Sogno è parola imprecisa ma forse è quella che si avvicina di più a quel mistero che dà il via a un'opera. Cos'è? Chiamatela scintilla, intuizione, ispirazione o, meglio, aspirazione: il fatto è che quando si presenta è ancora informe, imprecisa, numinosa. Indefinita e indicibile. È presente, ma inafferrabile: compito del *faber* è, appunto, scoprirla facendola venire alla luce. Accontentiamoci della parola sogno, allora. «Ho fatto un sogno», diceva infatti la pubblicità con cui Fuksas annunciava l'avvio della costruzione del nuovo centro congressi all'Eur: ricordo l'impressione che mi fece quell'aereo schizzo che campeggiava sulle pagine dei giornali. Quattro tratti veloci di matita che esprimevano leggerezza, immaterialità, energia, libertà, spazio, vento. Una nuvola, appunto. Bello no? Poi passano gli anni (decenni, a dire il vero) e l'architettura finalmente viene inaugurata: costretta a scendere nel nostro mondo, dove vigono ancora le leggi

della fisica e della gravità, l'idea indossa la sua forma necessaria. Che delusione guardarla allo specchio del disegno iniziale. Una grande gabbia di pesanti travi imprigiona la massa candida dalle volute labirintiche, che non si libra affatto senza peso nello spazio, ma poggia – inevitabilmente – su grandi colonne di ferro e cemento. Tutto appare, tranne che una nuvola: forse è un bosco di alberi albi, o, meglio ancora, il corpo di un immenso cetaceo candido, una balena bianca venuta dall'oltremondo e ricostruita in un museo dell'immaginario.

Qui non ci sono né nubi, né cirri, né cumuli: il cielo è scomparso. E infatti Fuksas lo sa e a opera finita ha dichiarato che non è stato lui a chiamarla Nuvola, ma qualcun altro. Chi? *Vox populi?* Chissà. (In ogni caso ormai il soprannome è diventato ufficiale: così la nominano i manifesti che ne annunciano gli eventi).

Il Minotauro cieco

Se questo tradimento della realtà rispetto al disegno originario è possibile persino in architettura, in arte è – quasi sempre – la regola. Una regola, aggiungo, addirittura necessaria. In certa arte, almeno, quella che ha più a che fare con la materia, il corpo, la fisicità dell'opera. Con ciò che chiamo l'«incarnazione». È ovvio che se parliamo di arte concettuale (vedi Kosuth), o di un'arte che tende a mettere in scena soprattutto il teatro della mente (vedi Paolini), è probabile che la distanza tra il sogno e la realtà sia minima. Non parlo poi di tutta quella *vague* contemporanea che estetizza la linguistica, la sociologia, la politica, in cui la didascalica – il discorso che presiede alla creazione – è preponderante rispetto alla forma finale, le (buone) intenzioni sono tutto, la forma è niente. In questi casi, è evidente, il problema non si pone: il progetto e l'opera coincidono, sono entrambi puro testo.

HUNTING THE FLEEING WORK OF ART

In the Decameron Pier Paolo Pasolini chooses the role of the pupil helping Giotto, who is busy painting a fresco in a cathedral. When the work of art is finally complete, while the bells of the monks ring in celebration, Pasolini takes a look at it one last time and says: «Ma io mi chiedo: perché realizzarla, quando è così bello soltanto sognarla?»¹ It's the final phase of the movie, and the line is acted by the director-actor acquiring, obviously, a meta-meaning: it's true both for the completed painting as it is for the movie that has been shot, and has come to an end. It's always true for every work of art. It's true because often, the distance between the initial dream and its realization is profound.

This makes us wonder whether what has been generated is truly an offspring of that dream.

«I had a dream»

The word dream might be imprecise, but it's probably the closest to the kind of mystery which generates a work of art. What is it? Call it sparkle, intuition, inspiration, or better still aspiration: the fact is that when it presents itself, it's still shapeless, imprecise, numinous. Indefinite and indescribable. It's present but fleeting: the *faber's* task is, exactly, discovering it and bringing it to light. Hence, let's be satisfied with the word dream. In a commercial Fuksas announced the construction of the new EUR Congress centre with the phrase: «I had a dream»: I remember how the airy sketch printed on the pages of magazines made an impression on me. Four quick pencil strokes which expressed lightness, immateriality, energy, freedom, space, and wind. A cloud, indeed. Beautiful right? Then time goes by (actually decades) and the

building is finally completed: forced to come to terms with the real world, where the rules of physics and gravity still apply, the idea wears its necessary form. What a disappointment to see the building through the mirror of its initial design. A big cage of heavy beams imprisons the candid mass with labyrinthic spirals, which is by no means weightless and free in space but rests – unavoidably – on huge steel and concrete columns instead. It appears as everything but a cloud: maybe it's a forest of albino trees, or better the body of a huge and candid cetacean, a white whale coming from the underworld, reproduced in a museum of the imaginary. We can find no nimbus, no cirrus, nor cumuli: the sky has vanished. In fact, Fuksas is aware of this, and as soon as the building is completed, he declared that he wasn't the one to call it 'cloud,' it was someone else. Who?

Ma io parlo di altro. Parlo – ad esempio – di quella lunga serie di meravigliose incisioni di Picasso dedicate al Minotauro. È cieco e sta, gigantesco, a testa in su, con un braccio teso in avanti a tastare lo spazio per evitare ipotetici ostacoli: è accompagnato da varie figure nelle diverse stampe, ma in tutte c'è una bambina che lo guida. Può avere in mano un mazzo di fiori, o un bastone che la aiuta a camminare, o, infine, una lampada a olio che fa chiaro nella strada. È la metafora perfetta dell'artista. Che viaggia nel buio, guidato da una speranza, da una luce velata, da un'ombra luminosa. Da un sogno, appunto. Cerca, ma non sa mai esattamente cosa. Anselm Kiefer racconta – nel suo *L'arte sopravvivrà alle sue rovine* – che spesso seppellisce i suoi quadri sottoterra (li espone al caos e al caso della vita, ai processi naturali come Munch li abbandonava alla pioggia), oppure li rinchiude nei container. «Ma cosa è successo mentre erano relegati lì? Nulla? No di certo...Dopo aver liberato la tela dall'oscurità la ridipingo e in questo modo si compie una transizione verso un altro stato. Spesso molto diverso da quello iniziale. La realizzazione di un quadro è un costante avanti-e-indietro tra il nulla e qualcosa. Questo processo non segue nessuna regola, è incontrollato, come la fibrillazione cardiaca...la vibrazione smette solo quando il quadro lascia lo studio, circola per il mondo e dunque non può più essere rielaborato».

L'opera, insomma, è un processo – anzi un corpo a corpo tra il nulla e qualcosa – tendenzialmente infinito: il pittore potrebbe in teoria non smettere di dipingere mai lo stesso quadro (come accade al regista di Synecdoche, il capolavoro di Charlie Kaufman, la cui vita coincide con l'opera teatrale che non smette mai di preparare e mai licenzia per la scena). D'accordo, Kiefer è un pittore abituato al pensiero estremo: ma ci dice che non è

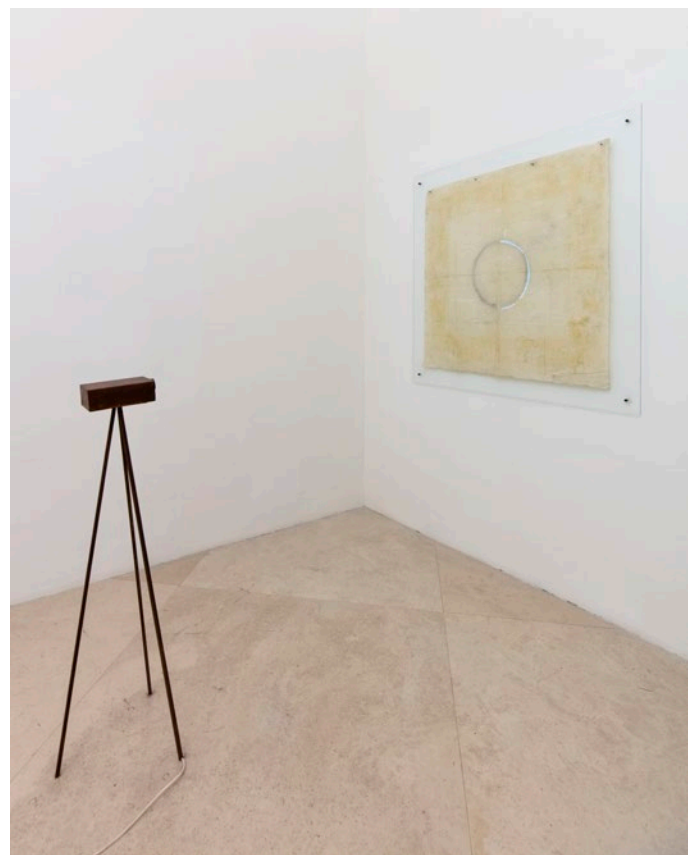
Vox populi? Who knows. (In any case, the nickname is now official: even the posters announcing the events that will take place in it use it).

The blind Minotaur

If this betrayal of reality compared to the original drawing is possible also in architecture, in art, it's – almost always – the rule. A necessary rule I might add. In certain kinds of art, or at least the one which deals more with matter, body, and the work of art's physicality. With what I refer to as the 'incarnation'. It's obvious that if we speak of conceptual art (see Kosuth), or about the kind of art which stages the theatre of the mind (see Paolini), the distance between dream and reality might be minimal. I am not speaking of all the contemporary *vague* which aestheticised linguistics, sociology, politics, where the caption – the argument that

leads to the creation – is dominant in respect to the final form, (good) intentions are everything, 'form' is nothing. In such cases, evidently, we don't have a problem: the project and the work of art coincide, they are both pure text.

What I am talking about is something else. I am talking – for instance – about a long set of marvellous incisions by Picasso dedicated to the Minotaur. He is blind, and stands, as a giant, with his head upright, with an arm stretched forward to test the space around him and avoid possible obstacles: he is accompanied by various figures in the different prints, but in all of them a little girl is watching him. She can hold a bunch of flowers, a walking stick, or an oil lamp that lights the way. It's the perfect metaphor for the artist. He travels in the dark, guided by hope, by a dim light, by a luminous shadow. Exactly by a dream. He is constantly



solo l'opera a dover essere aperta, come dettava Eco. Deve essere 'aperto' anche l'artista a quel che accade mentre l'opera si compie. Vederla, sentirla, accompagnarla nella nascita, assecondarla nelle imperfezioni che tante volte sono le più fertili fattrici.

Se sa già tutto prima, il suo lavoro è inutile. Non si crea quello che già c'è. Come insegna Ungaretti: «il poeta deve scendere nel silenzio per nominarlo di parole». Siamo tutti come lo Stalker di Tarkovskij. Gettiamo sonde a caso, in una zona proibita, per trovare la strada della salvezza.

searching, but he doesn't know exactly what. Anselm Kiefer narrates – in his *L'arte sopravvivrà alle sue rovine* – that he often buries his paintings underground (he exposes them to life's chaos and chance, to the natural processes, just as Munch used to abandon them under the rain), or else he closes them inside containers. «Ma cosa è successo mentre erano relegati lì? Nulla? No di certo... Dopo aver liberato la tela dall'oscurità la ridipingo e in questo modo si compie una transizione verso un altro stato. Spesso molto diverso da quello iniziale. La realizzazione di un quadro è un costante avanti-e-indietro tra il nulla e qualcosa. Questo processo non segue nessuna regola, è incontrollato, come la fibrillazione cardiaca [...] la vibrazione smette solo quando il quadro lascia lo studio, circola per il mondo e dunque non può più essere rielaborato»².

Hence, a work of art, is a traditionally infinite process – or better a relationship between nothing and something: the painter could in theory never stop painting the same canvas (what happens to the director of Synecdoche, the masterpiece by Charlie Kaufman, whose life coincides with the play which he never ceases to prepare and never stages). Of course, Kiefer is a painter used to an extreme way of thinking: but he tells us that it's not exclusively the work of art that ought to be open as Eco used to state. Also, the 'artist' should be open to what happens while the work of art is accomplished. Seeing it, feeling it, following its creation, indulging in its imperfections, which often are the most fertile elements

If the artist already knows everything before starting, it's all worthless. It's impossible to create something that

Il fantasma dell'opera

Racconto spesso questa storia quando incontro gli studenti in Accademia. E lo faccio partendo da *Foe*, un romanzo di Coetzee che modifica la storia di Robinson Crusoe. Sull'isola arriva un terzo incomodo, una donna che fa di tutto per salvare i recalcitranti Robinson e venerdì. Alla fine riesce a portare in Inghilterra solo il buon selvaggio e paga lo squattrinato Daniel Defoe perché ne scriva la storia. Lo scrittore incassa, ma fugge: non ha nessuna voglia di mettersi al lavoro. Lo farà solo dopo essere stato inseguito, raggiunto e amato dalla donna. È chiaro il senso: l'artista può avere un moto di fastidio, insofferenza, fuga, al cospetto del fantasma dell'opera. Che gli si presenta in forma numinosa, come un interrogativo, un problema, mille problemi da risolvere.

Come un avversario: ecco cosa significa *foe*, in inglese.

A me capita qualche volta. Molti anni fa, improvvisamente, si è presentata alle mie spalle qualcosa che non era neanche un'idea, ma una sorta di ingiunzione, inspiegabile, esoterica. Diceva: «fai un cerchio d'acqua». Solo questo. Nessuna immagine mentale, nessuna misura (che diametro? Quanto profondo? Quale spessore? Dove? Perché un cerchio? Perché l'acqua?). Ho rimosso a lungo quel semi-pensiero. Poi ho cominciato a progettare opere circolari impossibili (ancora spero di realizzarle...), a proporre ad amici e collezionisti benestanti la possibilità di costruire circonferenze acquatiche nei loro giardini. Ma, ovviamente, niente. Progetti al vento. L'idea però non scompariva, continuava a presentarsi alla mia mente: alla fine ho dovuto cedere, e contro voglia ho realizzato una piccola *maquette*. Ho impermeabilizzato una tavoletta di legno di 40x40 cm, vi ho intagliato un cerchio di 30 cm di diametro, cinque di spessore, tre di profondità, e ho fatto in modo – grazie a una pompa d'acquario – che l'acqua vi scorresse

already exists. As Ungaretti teaches us: «il poeta deve scendere nel silenzio per nominarlo di parole»³. We are all like Tarkovskij's Stalker. We all launch random probe in a restricted area, to find the path of salvation.

The Phantom of the opera.

When I meet the students at the Academy, I often tell this story. And I do it starting with *Foe*, a romance by Coetzee that alters Robinson Crusoe's story. An odd man out arrives on the island, a woman that tries her best to save the reluctant Robinson and Venerdì. In the end, she is only able to bring the good savage to England, and she pays the poor Daniel Defoe to write the story. The writer collects the payment, but he runs away: he has no desire to work. He will do it only after being followed, caught, and loved by the woman. The sense is clear: the artist can be an-

noyed, hostile, and feel like escaping when he is confronted by the phantom of the opera. The latter appears to him as a numinous form, as a question, a problem, or a thousand problems that must be solved.

As an opponent: this is the meaning of *foe* in English.

It happens to me too sometimes. Many years ago, suddenly, something which was not even an idea presented itself to me, it was rather an unexplainable and esoteric injunction. It said to me: «make a water circle». Only this. No mental image, no measure (What diameter? How deep? How thick? Where? Why a circle? Why water?). I removed that semi-though for a long time. Later I started designing impossible round shaped works of art (I still wish to realise them...), proposing to rich friends and collectors the possibility to build water circumferences



dentro. Una volta finita l'ho guardata distrattamente e l'ho abbandonata lì, come un soprammobile, nello studio, pensando tra me e me: tutto qui? Ma il giorno dopo, per caso, un raggio di un bel sole pomeridiano l'ha inondata obliquamente, e all'improvviso ho visto apparire sulla parete bianca un vibratile ovale luminoso. Meraviglia della rifrazione: creava un disegno impalpabile, libero

in their gardens. Obviously, nothing. Projects in the wind.

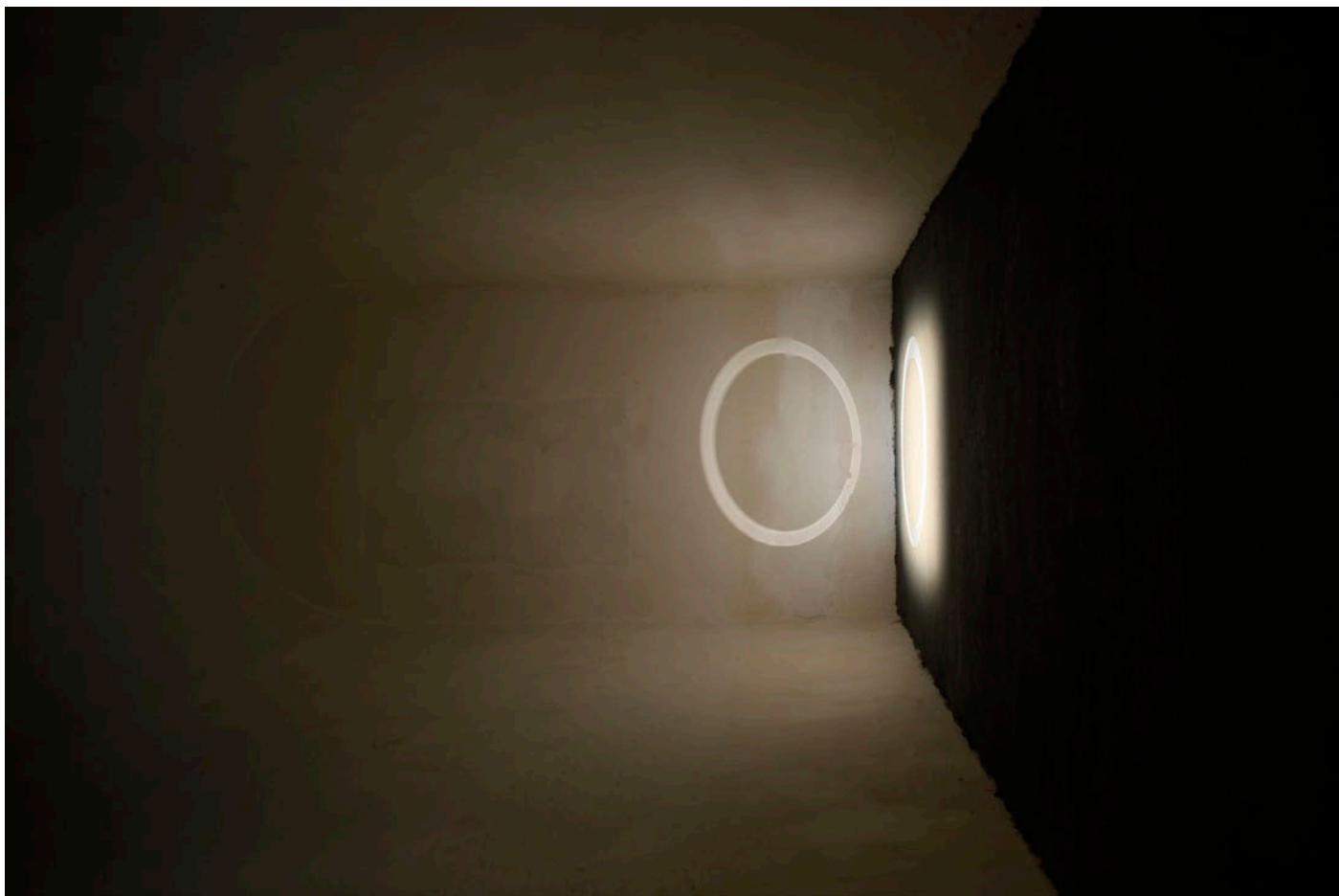
Nevertheless, the idea was not going away, it kept coming back in my mind: in the end, I was forced to give in, and against my will, I made a small *maquette*. I waterproofed a wooden 40x40 cm board, I cut out a 30 cm diameter, five cm thick, and three cm deep circle and I made water flow in it – using an aquarium water pump. Once I had finished the work, I looked at it absent-mindedly, I abandoned it in the studio as a decorative object, thinking: is that all? But the following day, by chance, an afternoon ray of sunshine hit it tangentially and, suddenly, a vibrating luminous oval appeared on the white wall. A marvel caused by refraction: it generated an impalpable drawing, free from matter, from the surface, even from the stroke of a pencil.

It was made of pure light, and it was

in 'movement'! This is what the circle wanted from me: showing me a path, a possibility, which later generated many other works of art.

Sometimes, the work of art knows more than you do. More than what your project told you. Because the dream reveals itself gradually, the more it makes itself, and it is made. It can mature and take on many forms. This explains, for example, why many artists work in series: they create works which follow the multiple possible aspects of a single obsession. Often while working, they come across failure, a scrap, a sudden deviation: and this is when new unforeseen paths open up. Such paths could have never been thought of if not by 'doing'. Hence, they could have never been 'planned'.

(This is why, even when I am working with big installations I never use 'renders', but I prefer watercolour or ma-



quettes: since we are still talking about an unfaithful imitation, I prefer things that are generated by manual skills. I don't need blueprints. Better the execution of processes.)

(Theatrical parenthesis

I was recently involved in the stage design for Sergio Rubini's *Dracula*.

It was an absurd race against time. I designed and built the set after only three meetings with Sergio, while he kept rewriting the script. One week before the opening, we were at the Pergola in Florence, and for seven days we all worked until two in the morning: the actors rehearsing the script which kept changing, and we added and modified the set accordingly.

I was mortified by the fact that what I designed had to be modified: but there was no reason for that. We were all involved in Sergio's creative flux. He

told me: «I work this way, under pressure. I don't like arriving at rehearsals with everything ready, perfect, already done, and finished. I need to feel the breathing down my neck. In the theatre, I love accidents and errors».

Dracula's rehearsals, in reality, never came to an end: the play kept changing until the very last performance of this year.

(Next year, when we start the new season, I am sure it will change again).

I love errors

I too love errors, imperfections, deviations. Often it's the richest thing in a job. After all, an error gave life to abstract art: Kandinskij says this is a diary. He was in Russia, busy painting his landscapes, bringing colours and forms to their extreme, to confer them as much strength as possible. One afternoon he interrupted his work to go

for a walk. Upon his return, he looked at the easel, and he was shocked.

The painting was unrecognisable, he was no longer able to find a link with visible reality. It was a pure explosion of strong colours, lines, forms, that the artist had been searching for a long time, with no success. Therefore, he thought: «marvellous!»! It took him several seconds to understand what had just happened. It was the maid's fault who had come to clean the studio while he was gone, and had inadvertently dropped the painting from the easel. Here: an unconscious gesture had freed an aesthetic energy wave destined to dominate in the Novecento. Abstract art would have probably been born anyway: everything was ready for the birth to take place. But the fact that it happened this way is very significant: the fact that chance was the one who freed the mind from

the schemes of the known keeping it in prison.

This is often the flaw of the project: it's too mental, already thought, chewed and digested.

Too perfect to be alive.

The beauty of the dream reveals itself when it mixes with reality. Its original form might change, but it will gain life, it will advance on its own path, generate new forms.

Here then is the answer to Pasolini's question: «Why make the work of art?».

«To enter a different dream».

NOTES

¹ Translation by the author: "I ask myself: why pain it, when it's so beautiful simply dreaming it?"

² Translation by the author: "But what happened while they were confined there? Nothing? For sure not [...]. Af-

dalla materia, dalla superficie, persino da un tratto di matita. Era fatto di pura luce, e 'in movimento'! Ecco cosa voleva da me il cerchio: indicarmi una strada, una possibilità, dalla quale sono nate molte opere successive.

L'opera ne sa, qualche volta, più di te. Più di quello che il tuo progetto non ti abbia detto. Perché il sogno si svela piano piano, a forza di farsi e di essere fatto. Può mutare e avere molte forme. Questo spiega perché, ad esempio, tanti artisti lavorino con le serie: creano lavori che inseguono i mille aspetti possibili di una stessa ossessione. Spesso nel fare, inciampano in un fallimento, in uno scarto, un'improvvisa deviazione: e lì si aprono altre strade impreviste, mai viste. Che non potevano essere pensate, se non facendo. Dunque non potevano essere 'progettate'.

(Per questo, anche quando si tratta di grandi installazioni, non mi affido ai 'render' ma agli acquerelli, o a delle *maquette*: infedeltà per infedeltà, preferisco quello che nasce dalla manualità. Non mi servono progetti esecutivi, ma processi esecutivi. Meglio: esecuzione di processi).

(Parentesi teatrale

Mi è capitato recentemente di fare lo scenografo per il *Dracula*

di Sergio Rubini. È stata un'assurda corsa contro il tempo. Ho disegnato e fatto costruire la scena dopo soli tre incontri con Sergio, e mentre lui continuava a riscrivere il copione. A una settimana dalla prima ci siamo ritrovati alla Pergola di Firenze, e per sette giorni abbiamo lavorato tutti fino alle due di notte: gli attori a provare un testo che continuava a cambiare, e noi ad aggiustare e modificare la scena di conseguenza.

Mi mortificava il fatto che ciò che avevo disegnato dovesse essere corretto: ma non ce n'era motivo. Eravamo tutti nel flusso crea-

ter freeing the canvas from obscurity I paint over it again and by doing so it transitions to another state. Often very different from the initial one. The realisation of a painting is a constant back and forth between nothing and something. This process doesn't follow any rules, it's uncontrolled as cardiac fibrillation [...] The vibration ends only when the painting leaves the studio, travels around the world and therefore can no longer be reworked".

³ Translation by the author: "The poet must descend in the silence in order to name it with words".

tivo di Sergio. Che mi ha detto: «Io lavoro così, sotto pressione. Non mi piace arrivare alle prove con tutto pronto, perfettino, già fatto e finito. Devo avere il fiato sul collo. Io a teatro amo l'incidente, amo l'errore».

Le prove di *Dracula*, in realtà, non sono mai finite: lo spettacolo ha continuato a cambiare fino all'ultima rappresentazione di quest'anno.

L'anno prossimo, alla ripresa, cambierà ancora. Sicuro.

Amo l'errore

Anche io amo l'errore, l'imperfezione, la deviazione. Spesso è

la cosa più ricca che c'è in un lavoro. In fondo fu un errore a dare il via all'arte astratta: lo racconta Kandinskij, in un diario. Era in Russia, impegnato a dipingere i suoi paesaggi portando all'estremo i colori e le forme, per dar loro più forza possibile. Un pomeriggio interruppe il lavoro per una passeggiata. Al suo ritorno guardò il cavalletto e fu choccato.

Il quadro era irriconoscibile, non vi distingueva più nessun nesso con la realtà visibile. Una pura esplosione di colori accesi, linee, forme che l'artista stava cercando da tanto tempo, senza mai trovarla. Pensò: «meraviglioso»! Gli ci volle qualche secondo a capire cos'era avvenuto. Galeotta fu la cameriera venuta a fare le pulizie in sua assenza, che aveva, inavvertitamente, rovesciato il quadro sul cavalletto. Ecco: un gesto inconsapevole aveva liberato una corrente d'energia estetica destinata a dominare il Novecento. L'arte astratta, è ovvio, probabilmente sarebbe nata lo stesso: tutto era pronto perché il parto avvenisse. Ma è significativo che sia venuta al mondo così, che ci sia voluto il caso a liberare la mente dagli schemi del già noto, del già conosciuto, che la imprigionavano.

Ecco qual è spesso il difetto del progetto: è troppo mentale, già pensato, masticato e digerito.

Troppo perfetto per essere vivo.

Il bello del sogno è quando si impasta con la realtà. Magari cambierà la sua forma originaria, ma prenderà vita, procederà per la sua strada, figlierà altre forme.

Ecco dunque la risposta alla domanda di Pasolini: «Perché realizzare l'opera?»

«Per entrare in un sogno diverso».

Giorgio Pradella,
Direttore d'orchestra

giorgiopradella@gmail.com

In questo breve saggio vorrei poter soddisfare alcune curiosità riguardo le problematiche di un mondo, quello della musica classica, che potrebbe risultare assai distante e incomprensibile rispetto alla realtà attuale utilizzando la mia esperienza di musicista in qualità di compositore, esecutore (sia come solista che come direttore d'orchestra) e anche didatta.

La mia visione potrà essere quindi soltanto soggettiva, giacché le scelte esecutive sono – per fortuna! – sempre in via di evoluzione e cambiamento, specialmente in relazione al periodo storico e sociale.

Prima di parlare del progetto esecutivo in ambito musicale, vorrei descrivere quello che dovrebbe essere il 'progetto' andando a rintracciare – ove possibile – alcune affinità con l'ambito architettonico.

In un suo celebre programma per la televisione del 1958 dedicato ai giovani, Leonard Bernstein ha definito la musica classica come 'musica scritta', a differenza della musica popolare che aveva una tradizione di diffusione orale: cantata, strumentale e ritmica. Da allora il significato di musica classica si è diffuso ad altri generi musicali: ad esempio al jazz, che è stato via via negli anni studiato, catalogato, trascritto sino ad essere inserito nei programmi didattici dei conservatori musicali di tutto il mondo, cosa impensabile ai tempi in cui Bernstein aveva registrato il suo programma.

Vorrei definire "progetto in musica" lo spartito o la partitura musicale, in analogia a quanto un architetto elabora attraverso la descrizione delle sue idee nel progetto per poter essere realizzate. Ma a differenza dei progetti architettonici che ci hanno lasciato grandi opere e testimonianze millenarie, per la letteratura sinfonico-operistica ci riferiamo generalmente a un periodo storico

relativamente breve, che va dal XVI secolo ai nostri giorni; anche se la quasi totalità dei programmi musicali nelle sale da concerto di tutto il mondo si concentra specialmente su poco più di duecento anni, dal 1700 al 1950.

In questo circoscritto lasso temporale sono avvenuti i più grandi cambiamenti socio-culturali della storia dell'umanità, e la musica colta è passata dal controllo della chiesa e dal mecenatismo delle corti a un via via sempre maggiore allargamento della platea dei fruitori alla borghesia e, con l'avvento della registrazione e della radio, a un numero sempre più ampio di persone e categorie sociali.

Per dare un'idea dell'importanza delle registrazioni, conviene riflettere sul fatto che sino a poco più di cento anni fa la gran parte degli amanti della musica ascoltava le grandi sinfonie di Beethoven o di Čajkovskij solo eseguite al pianoforte.

Nella scrittura musicale, il compositore scrive le note definendo le altezze e gli intervalli dei suoni e inquadrandoli in una matrice ritmica (tempo e battute).

Nel corso degli anni questa scrittura è risultata sempre più precisa: ad esempio, nella musica barocca si lasciava molta libertà interpretativa all'esecutore, mancavano riferimenti esatti al tempo e tutti i segni di fraseggio e dinamica... anche perché non si pensava allora di scrivere per i posteri e si confidava che gli eventuali esecutori ben conoscessero lo stile dell'epoca e dell'autore stesso. Dal periodo classico in poi, viceversa, la scrittura diventa sempre più precisa, lasciando minore libertà all'esecutore, sino ad arrivare ai giorni nostri dove, in alcuni casi, nella musica contemporanea le note e legende introduttive e a margine prendono anche più spazio della scrittura musicale stessa.

THE EXECUTIVE PROJECT FOR A MUSIC SYMPHONY ORCHESTRA CONDUCTOR

In this brief essay I would like to satisfy some curiosities concerning the problems of a world, the classical music one, which could appear very far from contemporary reality and incomprehensible, and I will do this using my experience as a composer, performer (as a solo musician and as an orchestra conductor) and teacher. My vision will, therefore, be subjective, and the executive choices – fortunately! – will always be in evolution, changing especially according to the historical and social period.

Before addressing the topic of executive project in the music field, I wish to describe what the 'project' should be, by tracing back – where possible – some affinities with the architectural field.

In a famous 1958 tv show dedicated to young people, Leonard Bernstein defined classical music as 'written music', as opposed to pop music, which had a tradition linked to oral dissemination:

sung, instrumental and rhythmic. Since then the meaning of classical music concerned other music genres: for example jazz, which was studied, catalogued, transcribed until it was introduced in the curricula of music conservatories all around the world, which was unthinkable at the time when Bernstein recorded his show.

I would like to define the "music project", the musical score, by making an analogy with what an architect elaborates in the project through the description of his ideas in the attempt to make them realisable. As opposed to architectural projects which left us grandiose works and stand as millenary witnesses, in symphonic-opera literature we are usually referring to a relatively short historical period, which goes from the Sixteenth century until today; while almost all concert hall musical programs around the world

are concentrated over a period of two hundred years, from 1700 to 1950. During this limited amount of time the biggest socio-cultural changes in human history occurred, and the control over classical music shifted from the church and court patronage, towards an increasing opening of the audience towards the bourgeois and, with the invention of radio and recording, the inclusion of an ever greater number of people and social categories.

To give an idea of the importance of recordings, it's useful to reflect on the fact that until a little over a hundred years ago, most music lovers listened to the great Beethoven or Čajkovskij symphonies only on the piano.

In music writing the composer writes the notes defining pitches and sound intervals and framing them in a rhythmic matrix (time and cues). Through the years this writing was increasingly

Introduzione al progetto esecutivo

Nella musica classica (aggettivo con il quale definiamo la produzione musicale colta europea o di stile europeo degli ultimi quattrocento anni) i progetti, ovvero le partiture, sono complessivamente rispettate nella loro originalità da ogni esecutore. Il linguaggio dei suoni, a differenza del linguaggio della parola, non ha subito modifiche negli anni: proporre oggi nei teatri di prosa dei testi nella loro ricostruzione filologica non sarebbe molto spesso opportuno; nella musica la percezione e la comprensione dei suoni è molto simile a quella che potevano avere gli autori e il pubblico del passato. In altre parole, mentre il linguaggio verbale è sempre in evoluzione, la musica, pur ovviamente soggetta agli stili dell'epoca, non ha mai cambiato il proprio modo di comunicare.

Il linguaggio musicale è infatti a sé stante, universalmente riconoscibile e apprezzabile, anche senza comprenderne la 'grammatica'; un linguaggio per molti versi così profondamente umano perché la sua esistenza è connessa con la componente più infantile e 'animale' della nostra mente.

Il suono può essere plasmato come la materia e, autentico miracolo dell'arte, affascinare a prescindere dalla piena comprensione del periodo storico e delle ragioni che hanno portato alla sua creazione; anzi, esattamente come in architettura, il 'mistero' ha molto spesso amplificato il fascino dell'arte delle antiche civiltà. Sul tema del rispetto del 'progetto' nella esecuzione di musica classica, mi viene in mente quella volta in cui una giovane e colta signora mi chiese in cosa si differenziassero le esecuzioni di grandi direttori d'orchestra rispetto allo stesso brano; rimase quasi delusa quando le dissi che i direttori d'orchestra non possono liberamente rimaneggiare la partitura.

precise: for example, in baroque music the performer had great freedom of interpretation, there were no precise references to time and to phrasing and dynamics...also because back then people didn't think they were writing for posterity, and they thought performers would know quite well the style of the author and the era.

From classical times onwards, on the contrary, writing starts becoming more and more precise, leaving less freedom to the performer, until we arrive in the present time when, in some cases, in contemporary music introductory and margin notes and legends take on more space than actual music writing.

Interdiction to the executive project

In classical music (the adjective is used to define European – or European style – upper-level musical production of the last four hundred years)

the originality of the projects, or rather the music scores, is respected by each executor. The language of sounds, differently from the language of words, hasn't undergone any changes in time: proposing in prose theatre texts in their philological reconstruction would not be appropriate today; in music, perception and comprehension of sounds are very similar to the one authors and audiences of the past might have had. In other words, while verbal language is ever evolving, music, even if subject to the styles of the time, has never changed its communication modality. The musical language is, in fact, self-standing, universally recognisable and appreciated, even if we don't understand its 'grammar'; in many ways a deeply human language, because its existence is linked with the most childish and 'animal' component of our mind.

Ovviamente la signora conosceva bene le pratiche esecutive della musica jazz e della musica leggera, ma evidentemente ignorava quanto accade nella musica classica ove tutto questo è impensabile.

A dire il vero, nei tempi passati e ancora oggi, può accadere che in situazioni svantaggiate quali la mancanza di organico da parte dell'orchestra, sia compito del direttore d'orchestra rimaneggiare la partitura al fine di poter portare a termine l'esecuzione; e sia sempre compito del direttore d'orchestra, specialmente nell'opera lirica, decidere, di comune accordo con i cantanti, il regista e il maestro del coro se effettuare alcuni tagli o aggiungere parti che la tradizione esecutiva aveva deciso di omettere.

Ancora oggi è inoltre compito del maestro direttore di banda, scrivere delle trascrizioni per il proprio *ensemble*. Tutto questo, però, nel tentativo di rispettare nel modo più aderente possibile il pensiero del compositore.

Un caso a parte, specialmente nel periodo romantico e tardo-romantico, sono state le esibizioni dei solisti, generalmente pianisti che improvvisavano, anche su suggerimento del pubblico, su temi conosciuti, ma questi ultimi si servivano solo di frammenti atti a poter esaltare la loro abilità compositiva e tecnico-virtuosistica; in casi specifici queste improvvisazioni sono state trascritte dagli esecutori stessi, ad esempio le parafrasi lisztiane. Nel bellissimo romanzo di Orhan Pamuk, *Il mio nome è rosso*, un pittore conservatore giunge a commettere un omicidio perché scandalizzato dalle licenze che un suo collega, più libero, ha introdotto nella tradizione. Il riferimento mi viene naturale, in quanto anche i musicisti classici si ritengono gli strenui depositari di una tradizione, chiamati a difenderla tanto gelosamente da giungere a 'divinizzare' i brani dei grandi compositori, e per-

Sound can be moulded like matter and, as an authentic miracle of art, it can fascinate people even if we don't fully understand the historical period and the reasons that led to its creation; actually, just like architecture, 'mystery' has often amplified the charm of art and ancient civilisations.

Speaking about respecting the 'project' in the execution of classical music, I recall that time when a young and cultured lady asked me about the differences of execution of the same piece by different great orchestra conductors; she was quite disappointed when I told her that orchestra conductors are not allowed to freely modify music scores. Obviously, the lady knew quite well the performance practices of jazz and pop music, whereas she evidently ignored what happens in classical music where all this is not even conceivable.

To tell the truth, in the past and still to-

day, it might occur that in disadvantaged conditions such as the lack of orchestra members, it's up to the conductor to rework the music score to bring the performance to its conclusion. It's still up to the conductor, especially in the opera, to decide, together with the singers, the director, and the chorus master, whether to make some cuts or add parts that were traditionally omitted. Still today, the task of writing music transcriptions for the *ensemble* belongs to the marching band conductor. All this in the attempt of respecting in the best way possible the composer's thought.

Exhibitions by solo artists were a different case, especially in the romantic and late-romantic period, generally by pianists improvising known themes, sometimes following suggestions from the audience. But the latter used fragments intending to highlight their compositional and technical-virtuous

sino i singoli passaggi e le singole note. In realtà, proprio i grandi compositori, la cui opera così attentamente custodiamo, hanno spesso sofferto l'emarginazione o addirittura la miseria, ingiustamente, per via del mancato rispetto di una presunta 'tradizione', che in molti casi era soltanto la loro non omologazione a un pensiero culturale, sociale e politico egemone.

Lo spartito musicale come 'progetto esecutivo' Entrando quindi nel merito dell'importanza del rapporto tra l'attività progettuale e quella esecutiva in ambito musicale, un solista dovrà studiarsi il 'progetto', ovvero lo spartito musicale, analizzandolo e assimilandolo per poi confrontarsi con le proprie capacità tecniche e interpretative: un solista in possesso di spiccate qualità virtuosistiche sullo strumento ovviamente sarà portato a una esecuzione che metta in risalto queste sue qualità, un altro più propenso all'introspezione e al controllo dell'emissione sonora metterà in risalto quelle altre sue qualità, e così via. Per un direttore d'orchestra, poi, il percorso comporta uno studio approfondito della partitura, oltre che per formare la sua visione interpretativa anche per le ragioni di coordinamento e supervisione che esporrò in seguito. Questo lavoro porta già al formarsi, nel direttore o nel solista, di una propria 'visione interpretativa', visione che, molte volte, non vuole essere esclusivamente personale, bensì aspira a esprimere un'intima relazione con l'autore ispirata dalla 'utopia' di cercare di assecondarne il più possibile l'idea originale. Uso il termine 'utopia' in quanto tutto ciò non potrà mai essere raggiunto pienamente, costituendo purtuttavia un costante stimolo alla ricerca, affascinante e coinvolgente per noi musicisti, sia solisti che direttori d'orchestra.

ability. In some specific cases, such improvisations were transcribed by the executors themselves, like in the case of Lisztian paraphrases. In the beautiful romance by di Orhan Pamuk, *my name is red*, a conservative painter commits murder because he is shocked by the liberties that one of his, freer, colleagues introduced in the tradition. The reference comes natural, as also classical musicians think of themselves as the depositaries of a tradition, in charge of defending it to the point that they 'defy' the pieces of the great composers, down to the single passages and notes. Actually, the great composers themselves, often unjustly suffered marginalisation and even misery, if they didn't respect a 'tradition', which in several cases was simply their failure to comply to a hegemonic cultural, social and political thought.

The musical spirit as 'executive project' Addressing now the importance of the relationship between design and executive activity in the music field, a soloist will have to study the 'project', the musical score, analysing it and assimilating it to then confront his own technical and interpretative skills. A soloist that possesses high virtuosic qualities on the musical instrument will perform the piece in a way that highlights such qualities, another one, more inclined towards introspection and control of sound emissions, will highlight these other qualities, and so on and so forth. For an orchestra conductor, the path envisions an in-depth study of the musical score, to define his interpretation and for coordination and supervision purposes, which I will explain later. This job leads to the definition of an 'interpretative vision' by the conductor

Di fatto qualsiasi esecuzione, anche la più meccanica, comporta e presuppone un'interpretazione, e non è dato suonare un brano musicale senza dare voce alla personalissima sensibilità artistica del solista o direttore. Persino i *software* oggi in grado di riprodurre una partitura, lo fanno in realtà sulla base di 'istruzioni' che rappresentano esse stesse il frutto di ben precise scelte interpretative da parte del programmatore.

La relazione fra sensibilità personale e interpretazione è così spiccata che è noto che nessun esecutore, neppure il compositore stesso che stia eseguendo una propria opera, può farlo due volte nello stesso identico modo: a influenzare la singola interpretazione sono le condizioni ambientali, le caratteristiche dello strumento e dell'acustica, un fattore imponderabile come l'umore e persino l'accoglienza del pubblico.

Possiamo a questo proposito citare una testimonianza storica: un allievo di Chopin ci ha lasciato scritto che il Maestro, allorché si metteva al pianoforte per eseguire le proprie composizioni, volutamente lo faceva ogni volta in modo diverso, accentuando l'una o l'altra delle loro caratteristiche.

Per chiarire ulteriormente l'importanza del 'fattore umano' nell'interpretazione della musica classica si può aggiungere un altro dato. Uno degli elementi fondamentali presenti negli spartiti musicali è la scansione ritmica, con la quale il compositore detta all'esecutore l'organizzazione temporale del brano; o almeno, così dovrebbe essere sulla carta. Analizzando però l'esecuzione dei più celebri capolavori della musica classica, ci si rende subito conto che essa si fonda su continue infrazioni della regolarità meccanica del ritmo. Uno dei più grandi direttori della storia, Arturo Toscanini, era intransigente sulla precisione del ritmo, e tuttavia, se noi riproduciamo le sue registrazioni verificandole

or the soloist, a vision that is not always personal but aspires to express an intimate relationship with the author instead, a relationship inspired by the 'utopia' of indulging the original idea as much as possible. I am using the term 'utopia' because it will never be fully achievable, even if it constitutes a constant stimulus to research, an engaging and fascinating one for musicians, both soloists and conductors.

As a matter of fact, any performance, even the most mechanic one, entails and assumes an interpretation, and it's not possible to play a musical piece without giving voice to the personal artistic sensibility of the soloist or conductor. Even modern *software*, able to reproduce a musical score, actually does it using 'instructions' which are actually the result of specific interpretation choices operated by the programmer. The relationship between per-

sonal sensitivity and interpretation is so strong, that no performer, not even the actual composer that is performing his piece himself, can do it two times in the same, identical manner: environmental conditions, the characteristics of musical instruments, and acoustics influence the interpretation, but also important factors such as mood, and the reception by the audience. In this respect we can mention a historical testimony: one of Chopin's pupils wrote that when the Master was playing his musical compositions, he voluntarily played them differently, accentuating one or the other characters each time.

To clarify further the importance of the 'human factor' in the interpretation of classical music, we can add another fact. One of the most important elements present in musical scores is the rhythmic scan, through which the composer instructs the performer about the

con l'ausilio di un metronomo, verrà subito fuori che esse, pur sembrando all'orecchio umano regolarissime, fondano la propria bellezza su continue, impercettibili infrazioni e fluttuazioni.

Tutto questo rende la musica classica più godibile per l'ascoltatore, e in definitiva profondamente umana; mi sentirei anzi di consigliare anche ai giovani compositori dell'attuale musica *pop*, *rock* e da film di appropriarsi della grande lezione che può esser colta dalla tradizione della classica, svincolandosi da un'osservanza ritmica troppo meccanica: ne trarrebbero sicuramente grande beneficio.

Per concludere le riflessioni sul ruolo e il senso del 'progetto esecutivo' in termini musicali, potrebbe essere interessante aggiungere alcune note sulla figura del direttore d'orchestra.

In qualche modo si può azzardare a ipotizzare che questo potrebbe essere assimilato a ciò che nel mondo dell'architettura è chiamato direttore dei lavori, ovvero colui che, responsabilmente, 'studia' il progetto esecutivo, lo assimila, e lo fa eseguire.

Chi, infatti, nell'ambito della musica operistico-sinfonica, si assume il carico della responsabilità del 'prodotto finale' e della sua consegna è proprio il direttore d'orchestra che dovrà in primo luogo appropriarsi e calarsi nel 'progetto esecutivo' dell'autore: un progetto in cui non può che credere intimamente e profondamente, per poterlo trasmettere con convinzione.

Successivamente, dovrà confrontarsi con le condizioni esterne (ad esempio il tempo a disposizione per le prove, in questi ultimi anni sempre più limitato) e nel corso delle prove stesse dovrà riuscire, oltre che a veicolare la propria interpretazione musicale, a correggere eventuali errori nelle parti degli orchestrali ed errori esecutivi da parte degli orchestrali stessi.

Dovrà insomma razionalizzare ogni cosa: un'orchestra ben pre-

parata e sicura del buon esito dell'esecuzione suonerà, naturalmente, in maniera molto più convinta ed espressiva rispetto a una nervosa e preoccupata. Nel caso poi vi sia un solista ospite, il direttore d'orchestra dovrà armonizzare l'esecuzione dell'insieme orchestrale a quella del solista, assecondandola al meglio. Tutto questo cercando di creare un giusto clima positivo (per ritornare al Maestro Toscanini e ai suoi celebri impropri, oggi non sarebbero certamente più ammesse intemperanze caratteriali così estreme!) valutando inoltre attentamente le caratteristiche acustiche del luogo in cui verrà effettuato il concerto, cercando di adeguare ad esse l'emissione, le sonorità e la velocità: caratteristiche molto differenti nel caso in cui l'esecuzione avvenisse in una chiesa, oppure in un auditorium, oppure all'aperto.

In conclusione, la musica è un'attività che si esplica sempre nel rapporto con gli altri, è un atto profondamente sociale e di condivisione collettiva: il direttore d'orchestra dovrà rendersi conto delle effettive potenzialità dell'orchestra, delle sue caratteristiche e della sua storia e 'tradizione'; dovrà fare tesoro delle sue caratteristiche positive e assecondare anche la sua naturale vocazione interpretativa, mediando di volta in volta (differentemente da quanto accade nell'esecuzione di opere architettoniche) fra la propria assimilazione/interpretazione del 'progetto esecutivo', maturato a 'tavolino' (ovvero al suo pianoforte) e ciò che emerge nell'incontro 'con gli altri', nella straordinaria fenomenologia che si attua durante ogni esecuzione dell'opera da parte dell'organico orchestrale.

temporal organisation of the piece; or at least this is how it should be. Nevertheless, analysing the execution of the most famous classical music masterpieces, we realise that it's based on continuous infringements of rhythm's mechanical regularity. One of the greatest conductors in history, Arturo Toscanini, was inflexible in terms of rhythm precision but, if we play his recordings and verify them using a metronome, we will soon discover that, although the human ear perceives them as extremely regular, their beauty comes from continuous and imperceptible infringements and fluctuations. All this makes classical music more enjoyable to the listener, and ultimately deeply human; I feel like also suggesting to young *pop*, *rock* and film composers, to learn from the tradition of classical music, freeing themselves from respecting mechanic rhythmic: they would benefit greatly from this.

To conclude these reflections on the role and the sense of the 'executive project' in musical terms, it might be interesting adding some notes on the figure of the orchestra conductor.

We can somehow attempt to hypothesise that the conductor could represent the role of the site manager in architecture, that is, the person who responsibly 'studies' the blueprints, assimilates them and makes others implement the drawings.

The person who in the field of symphonic opera music assumes full responsibility of the 'final product' and its delivery, is in fact the orchestra conductor, who will need to make the author's 'executive project' his own: a project he has no choice but to believe in, if he wants to transmit it with conviction. Later on, he will have to face exterior conditions (i.e. the time available for rehearsals, which has been increasingly reduced in the last years) and

during the rehearsals, he will have to drive his musical interpretation, correct mistakes in the orchestra parts, and executive mistakes by the orchestra members themselves.

In short, he will have to rationalise everything: a well prepared and confident orchestra will naturally play with greater confidence and expressivity, compared to a nervous and preoccupied one. If there is a soloist guest, the conductor will have to harmonise the performance of the orchestra ensemble with the one of the soloist, going along with it as much as possible. All the above should be accompanied by a positive atmosphere (going back to Maestro Toscanini and his famous insults, today such extreme temper tantrums would not be allowed!), carefully evaluating the acoustic characteristics of the concert venue, and trying to adapt to the latter emission, sound and

speed. Such characteristics would vary in case the performance took place in a church, or an auditorium, or outdoors. In conclusion, music is an activity expressing itself in the relationship with others, and it's a deeply social and collective act. The orchestra conductor will need to understand the actual potential of the orchestra, its characteristics and history and 'tradition'. He will need to capitalize upon the positive characteristics of the orchestra and indulge its natural interpretative vocation, mediating, time after time, (differently from what happens in the implementation of architectural works) between his own interpretation of the 'executive project' defined on his piano, and what emerges from his encounter with the 'others', in the extraordinary phenomenology actualized during each performance of the piece by the orchestra.

Marco Introini

Probabilmente agli antipodi del concetto esecutivo contemporaneo, Carlo Scarpa amava il dettaglio, il suo studio, il suo disegno esecutivo, ma in cantiere tutto poteva essere modificato per trovare l'anima della materia, il giusto dialogo tra materiali, disegnando direttamente sul posto, sulle stesse superfici di cantiere nella continua tensione verso un equilibrio di forme.

THE CARE OF THE EXECUTION

Probably the antipodes of the contemporary executive concept, Carlo Scarpa loved the detail, the study, the details drawings, but in the building site everything could be modified to find the soul of the matter, the right dialogue between materials, drawing directly on site, on the same building site surfaces in the continuous tension towards a balance of forms.



01 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



02 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



03 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



04 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



05 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



06 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



07 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



08 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



09 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



10 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia



11 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia

12 |



12 | Carlo Scarpa, Negozio Olivetti, ora proprietà FAI, 1957-1958, Venezia
Carlo Scarpa, Olivetti store, now property of FAI, 1957-1958, Venezia

Paola Marrone, Federico Orsini,
Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Architettura, Roma, Italia

paola.marrone@uniroma3.it
federico.orsini@uniroma3.it

Abstract. Il contributo delle innovazioni tecnologiche alle scelte progettuali non sempre corrisponde a un controllato miglioramento dell’ambiente costruito, come avviene in molte produzioni industriali. Integrare *feedback* dal contesto fisico e culturale delle costruzioni è una sfida al futuro della professione.

Studi internazionali dedicano risorse a monitorare ciò che realizzano e a sviluppare progettazioni esecutive informate dalle evidenze. Associazioni professionali, istituti di ricerca e università sperimentano modelli d’integrazione delle competenze specialistiche in un impegno non sostenibile dalla maggioranza degli architetti. Da queste esperienze, il contributo trae alcune considerazioni per un processo ideazione-costruzione informato e affidabile nel perseguire la qualità del costruito.

Parole chiave: Conoscenza; Ricerca; Sperimentazione; Evidenza; Processo progettuale.

In bilico tra passato (esperienza) e futuro (ricerca)

Lontano dalle sue origini di *master builder*¹, appesantito da secoli di metodologie di lavoro obsolete e dalla creazione di singoli prototipi, di fronte a mutevoli e imprevedibili scenari sociali, economici e ambientali, l’architetto contemporaneo è chiamato a giocare la sopravvivenza (Celento, 2007) in ragione di quanto riuscirà a essere rispondente alle esigenze degli utenti e dell’ambiente, con risultati misurabili, esiti dimostrabili e benefici tangibili (Vonier, 2018), dimostrando come scelte progettuali e innovazioni tecnico-costruttive concorrano al miglioramento dell’ambiente costruito.

La frammentazione dell’innovazione tecnologica tra industrie, laboratori e università (Bellicini, 2019) e gli avanzamenti negli strumenti, nei mezzi di produzione e nella scienza dei materiali hanno reso più complesso il rapporto tra progetto e costruzione, mostrando all’architetto che la conoscenza, necessaria a coordinare e integrare i diversi aspetti necessari alla realizzazione di un edificio, non può derivare solo dall’esperienza della costruzione, attraverso

Lontano dalle sue origini di *master builder*¹, appesantito da secoli di metodologie di lavoro obsolete e dalla creazione di singoli

prototipi, di fronte a mutevoli e imprevedibili scenari sociali, economici e ambientali, l’architetto contemporaneo è chiamato a giocare la sopravvivenza (Celento, 2007) in ragione di quanto riuscirà a essere rispondente alle esigenze degli utenti e dell’ambiente, con risultati misurabili, esiti dimostrabili e benefici tangibili (Vonier, 2018), dimostrando come scelte progettuali e innovazioni tecnico-costruttive concorrano al miglioramento dell’ambiente costruito.

La frammentazione dell’innovazione tecnologica tra industrie, laboratori e università (Bellicini, 2019) e gli avanzamenti negli strumenti, nei mezzi di produzione e nella scienza dei materiali hanno reso più complesso il rapporto tra progetto e costruzione, mostrando all’architetto che la conoscenza, necessaria a coordinare e integrare i diversi aspetti necessari alla realizzazione di un edificio, non può derivare solo dall’esperienza della costruzione, attraverso

“Informed” executive designs: research and professional practice to improve the built environment

Abstract. The contribution of technological innovations to design choices, like in many industrial sectors, does not always correspond to controlled improvement of the built environment. Integrating *feedback* from the physical and cultural context of construction is a challenge for the future of the profession.

International studies dedicate resources in order to monitor constructions and to develop executive designs that are evidence-based. Professional associations, research institutes and universities experiment with models for integrating specialist skills into a commitment that is unsustainable for most architects. Based on these experiences, this contribution considers an informed and reliable process of ideation-construction in pursuit of build quality.

Keywords: Knowledge; Research; Experimentation; Evidence; Planning process.

sperimentazioni con prova ed errore. È necessario che una nuova conoscenza si generi, sia compresa e trasmessa attraverso metodologie di ricerca, condotte scientificamente ed eticamente affinché possa sostenere scelte progettuali informate e affidabili.

Esperienza e nuove conoscenze continuano così a marcare la distanza tra capacità intellettuale e perizia costruttiva dell’architetto ‘moderno’ di Alberti, tra ciò che si progetta e ciò che si costruisce, tra ciò che si attende e ciò che realmente funziona.

Se ne sono accorti importanti studi di progettazione internazionali² che, per affrontare problemi sociali, ambientali e tecnologici sempre più pressanti e complessi, hanno affiancato alla tradizionale attività progettuale la ricerca rigorosa, basata su analisi di risultati, sulla capacità di validarli, di ampliare e trasferire conoscenza. La ricerca è così diventata critica per la professione del 21° secolo³.

Una conoscenza informata tra ideazione e costruzione

Per sostenere questa nuova consapevolezza, l’American Institute of Architects (AIA) e il National Institute of Building Sciences (NIBS) hanno lanciato la piattaforma BRIK (Building Research Information Knowledgebase) un’implicita sfida al mondo accademico affinché il modo d’intendere la ricerca non ostacoli la possibilità che il progetto sia realmente guidato dalla ricerca e, pertanto, aiuti i professionisti nel tradurre le loro idee in progetti esecutivi con qualità controllate dell’ambiente costruito (Fig. 1).

BRIK⁴ raccoglie progetti realizzati e ricerche revisionate su edifici ad alte prestazioni, sulla falsariga della piattaforma⁵ ispirata ai principi dell’epidemiologo Cochrane (1909-1988), dai quali si è sviluppata l’Evidence Based Medicine contribuendo a limitare gli eccessi prescrittivi della medicina ‘difensiva’ con conseguenti

Between past (experience) and future (research)

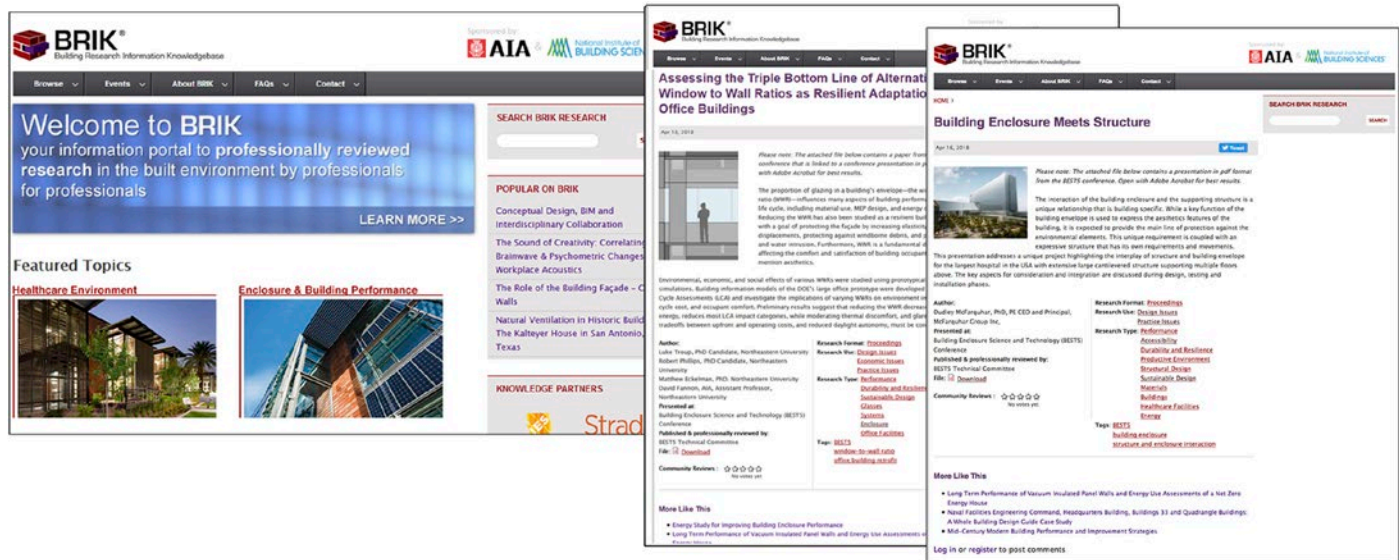
Far from their origins as *master builders*¹, weighed down by centuries of obsolete work methods and the creation of individual prototypes, faced with changing and unpredictable social, economic and environmental scenarios, contemporary architects are forced to play a game of survival (Celento, 2007) in terms of the extent to which they are able to respond to the needs of users and the environment, with measurable results, demonstrable outcomes and tangible benefits (Vonier, 2018), demonstrating how design choices and technical-constructive innovations contribute to improving the built environment.

The fragmentation of technological innovation between industries, laboratories and universities (Bellicini, 2019), and advances in tools, means of

production and materials science have made the relationship between design and construction more complex, showing the architect that knowledge, necessary to coordinate and integrate the various aspects of construction, cannot derive only from the experience of building, through trial and error. New knowledge must be generated, understood and transmitted through research methodologies, conducted scientifically and ethically so that it can support informed and reliable design choices.

Experience and new knowledge therefore continue to delineate the distance between the intellectual capacity and constructive expertise of Alberti’s ‘modern’ architect, between what is planned and what is built, between what is expected and what actually works.

Important international design stud-



riduzioni di costi e morti. Se per un dottore monitorare il paziente è prassi, altrettanto non si può dire per gli architetti, che raramente monitorano la fase d'esercizio di un edificio per valutarne le prestazioni in opera. Proprio questa attività di monitoraggio dovrebbe diventare una prassi prevista nei contratti per fornire conoscenze da trasferire, consentendo la previsione di futuri risultati e la proiezione verso nuove scoperte. Descrivere, spiegare, misurare e prevedere diventano, allora, le parole chiave per progettazioni 'informate' di un ambiente costruito salutare, confortevole e sostenibile (Olsen, 2018).

Progettazioni esecutive "informate" a confronto

finanzia ricerche transdisciplinari nel campo dell'architettura

Dal 2001 il Latrobe Prize, istituito dall'American Institute of Architects-College of Fellows,

ies² have realized this and, in order to tackle increasingly pressing and complex social, environmental and technological problems, they have combined traditional design activity with rigorous research, based on analysis of results and an assessment of their validity, as well as the expansion and transfer of knowledge. Research has thus become critical to the profession in the 21st century³.

Informed knowledge between design and construction

To support this new awareness, the American Institute of Architects (AIA) and the National Institute of Building Sciences (NIBS) have launched the BRIK platform (Building Research Information Knowledgebase), an implicit challenge to the academic world to make sure that the way in which research is understood does not hinder

the possibility for the project to be really driven by research and, therefore, help professionals in translating their ideas into executive projects with controlled qualities of the built environment (Fig. 1). BRIK⁴ gathers completed projects and revised research on high-performance buildings, along the lines of the platform⁵ inspired by the principles of the Cochrane epidemiologist (1909-1988) from which Evidence Based Medicine has developed, helping to limit the excesses of 'defensive' medicine, with consequent reductions in costs and deaths. While monitoring the patient is typical practice for a doctor, the same cannot be said for architects, who rarely monitor the operation phase of a building in order to assess its on-site performance. It is precisely this monitoring activity that should become standard practice in contracts so as to provide

con l'obiettivo di far acquisire a ricercatori accademici o studi di architettura, conoscenze utili per le decisioni progettuali.

Le esperienze premiate, sebbene caratterizzate da dimensioni e contesti molto diversi da quello italiano, permettono tuttavia, per la loro eccezionalità, di delineare contenuti e processi di evoluzione della progettazione altrimenti non immaginabili. L'attività di strutture quali Kieran-Timberlake, Gensler e Payette, citate in questo saggio, è infatti caratterizzata da una forte integrazione tra progetto esecutivo e ricerca applicata e da un processo progettuale non convenzionale, in cui, a supporto della contestuale definizione esecutiva, collaborano ricercatori dedicati e strutture

laboratoriali per la realizzazione di modelli e prototipi, spesso in sinergia con la produzione. L'approccio progettuale dello studio degli architetti Kieran e Timberlake è impostato come un vero processo di ricerca basato

knowledge that can be transferred, allowing the forecasting of future results and the drive towards new discoveries. Describing, explaining, measuring and forecasting then become the keystones for 'informed' designs of a healthy, comfortable and sustainable built environment (Olsen, 2018).

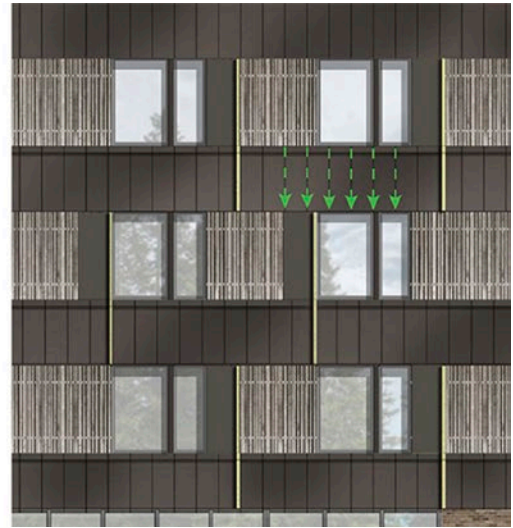
A comparison of "informed" executive planning

Since 2001, the Latrobe Prize, established by the American Institute of Architects - College of Fellows, funds transdisciplinary research in the field of architecture with the aim of helping academic researchers or architecture practices to gain useful knowledge for design decisions.

While of dimensions and contexts that are very different from Italian ones, the winning experiences allow, due to their exceptionality, the outlining of con-

tents and processes of design evolution that would not be imaginable otherwise. Indeed, the activity of structures such as Kieran-Timberlake, Gensler and Payette, cited in this essay, is characterized by a close integration between executive planning and applied research and by an unconventional design process, in which, in support of the contextual executive definition, dedicated researchers and laboratory structures collaborate on the realization of models and prototypes, often in synergy with the production.

The design approach of Kieran and Timberlake architecture practice is set as a true research process based on specific questions and in which constructive choices are made on the information acquired from the results of the research conducted⁶. Thanks to their success in the first edition of the Latrobe Prize⁷, the firm began to in-



su specifiche domande e nel quale le scelte costruttive sono prese sulla base delle informazioni acquisite dai risultati delle ricerche svolte⁶. Grazie alla vittoria della prima edizione del Latrobe Prize⁷, lo studio ha cominciato a inserire nel proprio organico ricercatori a tempo pieno, dedicando da quel momento il 3% del reddito lordo ad implementare competenze e a trasformare gli architetti in ricercatori.

Nel North Campus Housing della University of Washington, per citare uno dei loro progetti⁸, la ricerca si concentra sull'osservazione della crescita di alcune tipiche formazioni biologiche (muschio, muffe, licheni, alghe e altri materiali organici) dell'area di Seattle, portando a modellizzare tali fenomeni in funzione delle condizioni ambientali e, conseguentemente, a progettare in fase esecutiva scelte di materiali e dettagli costruttivi delle facciate atti a scoraggiarne la crescita (giunti verticali) o, viceversa, a favorirla (giunti orizzontali) contribuendo al miglioramento della qualità dell'aria (Fig. 2).

clude full-time researchers on its staff and started to dedicate 3% of gross income to implementing skills and transforming architects into researchers.

The North Campus Housing of the University of Washington is one of their projects that is worthy of mention⁸. The research focused on observations regarding the growth of some typical biological formations (moss, moulds, lichens, algae and other organic materials) in the area of Seattle, leading to modelling these phenomena according to the environmental conditions and, consequently in the executive phase, to plan choices of materials and facade construction details designed to discourage their growth (vertical joints) or, vice versa, to favour it (horizontal joints), thereby contributing to air quality improvement (Fig. 2). A further illustration can be found in

the complex and dynamic technical-constructive solution of the green roof on two buildings of the Cornell University campus. It was monitored for seven years, and from the study of the variation of the vegetational composition, there arose considerations on the technological performance of the roof cover, on the construction details concerning the technical and draining layers, the choice of fabrics and irrigation techniques, the methods and timing of maintenance interventions (Fig. 3).

With the aim of investigating innovative solutions that also benefit future projects, the Payette practice, during the definition of the executive project, supports the designers with three internal units: the *Building Science Group* which investigates the themes of building performance, sustainability and that of being a 'responsible' project. The investigations use building

Ancora per esemplificare, la soluzione tecnico-costruttiva complessa e dinamica del tetto verde su due edifici del campus della Cornell University è stata monitorata per sette anni e, dallo studio della variazione della composizione vegetazionale, sono emerse considerazioni sulle prestazioni tecnologiche della copertura, sui dettagli costruttivi riguardanti gli strati tecnici e drenanti, la scelta dei tessuti e le tecniche d'irrigazione, i modi e i tempi degli interventi di manutenzione (Fig. 3).

Con l'obiettivo di indagare soluzioni innovative delle quali potranno beneficiare anche i futuri progetti, lo studio Payette, durante la definizione del progetto esecutivo, affianca ai progettisti tre unità interne: il *Building Science Group* che indaga i temi delle prestazioni di un edificio, della sostenibilità e del progetto 'responsabile', usando la *building science*, la *computation*, la *fabrication* e la *visualization* come il motore del progetto per comprenderne in profondità i comportamenti; il *Research+Tools* che simula o verifica su modelli realizzati nel FabLab; il *Design*

science, computation, fabrication and visualization as the engine of the project in order to understand its behaviour in depth; the *Research+Tools* that simulates or verifies models created in the FabLab; Design Technology that provides technologies to support the design process, such as data analytics, visualization, high-end fabrication and computational design, virtual reality.

The facade of the Fifth XiangYa Hospital, for example, conceived conceptually as a system of panels containing protected spaces for sitting, reading and connecting with the outside, was developed in the executive phase as an element capable of having a positive environmental and energy impact. Different configurations have been monitored based on parameters of cost savings and occupant ratings (light quality, glare and thermal comfort). To analyse and calibrate the best con-

ditions of well-being, a prototype with real dimensions and details was built (with a numerical control machine) in the laboratory. The high-resolution 3D model provided not only the geometry for the prototype and the boards for the executive project, but it also allowed the study of the construction methodology, the procurement of materials and the installation procedures at the same time as the development of the project (Fig. 4).

Shared information is the basis of the Gensler experience. Strengthened by its size and long history, the Gensler firm is working on programs aimed at increasing its knowledge by expanding the technological infrastructure with the *Design Labs*⁹ that support the design with studies (more than 250 research grants obtained since 2009) and innovative technologies with five activities:

Technology che fornisce le tecnologie a supporto del processo progettuale, quali *data analytics*, visualizzazione, *high-end fabrication* e *computational design*, realtà virtuale.

La facciata del Fifth XiangYa Hospital, ad esempio, pensata nel concept come un sistema di pannelli che accolgono spazi protetti per sedersi, leggere e connettersi con l'esterno, è sviluppata in fase esecutiva come un elemento capace di avere un impatto ambientale ed energetico positivo. Diverse configurazioni sono state monitorate sulla base di parametri riferiti a risparmio economico e gradimento degli occupanti (qualità della luce, abbigliamento e comfort termico). Per analizzare e calibrare le migliori condizioni di benessere è stato costruito in laboratorio e con una macchina a controllo numerico un prototipo con dimensioni e dettagli reali. Il modello 3D ad alta risoluzione ha fornito non solo la geometria per il prototipo e le tavole per il progetto esecutivo, ma ha permesso di studiare la metodologia di costruzione, l'appalto dei materiali e le procedure d'installazione simultaneamente allo sviluppo del progetto (Fig. 4).

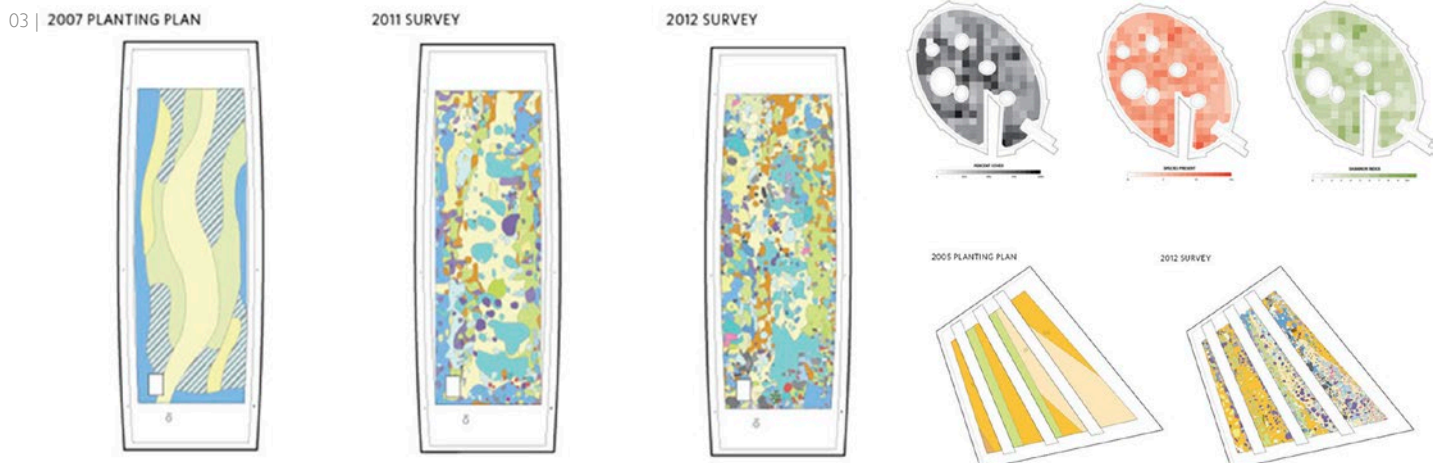
L'informazione condivisa è alla base dell'esperienza Gensler. Forte della sua dimensione e di una lunga storia, lo studio Gensler si sta impegnando in programmi mirati a far crescere le proprie conoscenze espandendo l'infrastruttura tecnologica con i *Design Labs*⁹ che sostengono la progettazione con studi (più di 250 borse di ricerca ottenute dal 2009) e tecnologie innovative attraverso cinque attività:

- *Gensler Research Institute*, una rete di collaborazione tra professionisti della ricerca, strateghi e progettisti dello studio, per generare nuove conoscenze e sviluppare una comprensione più profonda della relazione tra progetto, attività ed esperienza umana;

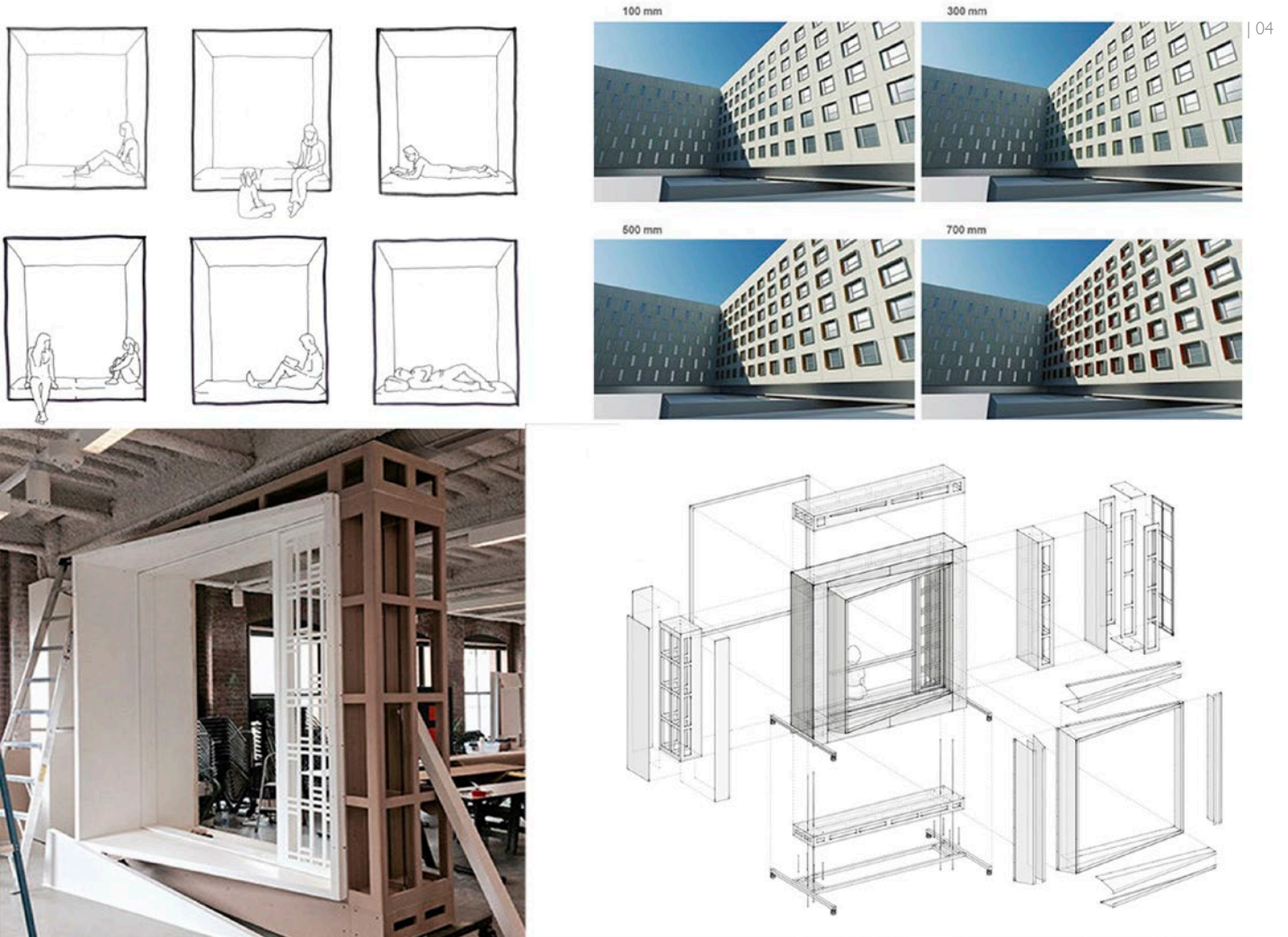
- *Knowledge & data*, per trasformare dati in conoscenza e approfondimenti;
- *New Ventures*, per incubare idee e trasformarle in soluzioni;
- *Design Technology*, per individuare impatti positivi nelle relazioni persone-processi-tecnologia;
- *Make*, per inquadrare la creatività.

Il processo progettuale di Gensler si basa su un'evoluzione del metodo 'Value-Stream Mapping', della *Lean Manufacturing* di Toyota, in cui il flusso delle decisioni e delle informazioni fa avanzare il progetto attraverso attività e risultati prodotti dai progettisti. Dalla domanda della committenza sono individuate le informazioni necessarie a sostenere le scelte progettuali, definendo obiettivi, contesto di riferimento, risultati espressi in termini di implicazioni progettuali e, soprattutto, cosa continuare a investigare. La domanda 'What does urbanization and agriculture coexistence look like?', ad esempio, porta a sviluppare l'idea di un *Big Box Underground* per l'*Urban Farmification* come soluzione possibile per sostenere un adeguato consumo di vegetali coltivati sulla copertura di centri commerciali purché interrati e, allo stesso tempo, sviluppare una struttura con un minor impatto ambientale e ridotti consumi energetici, garantendo comfort e costi ottimali (Fig. 5).

Formulate le linee guida, il passaggio a una progettazione esecutiva si avvale di test e modelli fisici per verificare e migliorare le prestazioni delle soluzioni progettuali. Nel caso degli ambulatori del Rush University Medical Center¹⁰, per esempio, sono stati progettati e costruiti, prima, quattro diversi prototipi di ambulatorio, ciascuno testato con un'applicazione destinata a raccogliere feedback e, successivamente, un quinto prototipo 'ibrido', per sperimentare tutti risultati della ricerca (Fig. 6).



The image shows the process of creating the facade of the Fifth XiangYa Hospital, from the concept (top left), to the studies on energy impact (top right), to prototyping (bottom left), to the definition of the executive plan (bottom right) (fonte: <https://www.payette.com/project/fifthxiangyahospital/>)



- Gensler Research Institute, a collaboration network between research professionals, strategists and firm designers, to generate new knowledge and develop a deeper understanding of the relationship between project, activity and human experience;
- Knowledge & data, to transform data into knowledge and insights;
- New Ventures, to incubate ideas and turn them into solutions;
- Design Technology, to identify positive impact in human-process-technology relationships;
- Make, to frame creativity.

Gensler's design process is based on an evolution of the 'Value-Stream Mapping' method from Toyota's *Lean Manufacturing*, in which the flow of decisions and information moves the project forward through the activities and results that are produced by the

designers. The client's request identifies the information necessary to support the design choices, defining objectives, reference context, results expressed in terms of design implications and, above all, what to continue investigating. The question 'What does urbanization and agriculture coexistence look like?', for example, leads to the development of the idea of a *Big Box Underground for Urban Farmification* as a possible solution to support an adequate consumption of vegetables grown on the rooves of (underground) shopping centres and, at the same time, develop a structure with a lower environmental impact and reduced energy consumption, guaranteeing optimal comfort and costs (Fig. 5). Once the guidelines have been formulated, the transition to an executive design involves using tests and physical models to verify and improve the

performance of the design solutions. In the case of the Rush University Medical Center clinics¹⁰, for example, four different outpatient prototypes were designed and built, each tested with an application designed to collect feedback and, subsequently, a fifth 'hybrid' prototype, to test all the research results (Fig. 6).

Integrated collaborations
The experiences presented are not an exhaustive list of firms¹¹ that are trying to combine project and research processes to support the executive design and improve the performance of buildings. Despite the exceptional nature of these large design companies, they represent an evolution that is supported, above all in the USA, by the AIA¹², with the objective of professionals becoming able to demonstrate the results achieved.

In contexts like Italy, where building design and the construction industry are changing very slowly, the quality and reliability of the buildings will soon be a theme that architects have to take on if they want to continue to play a role in the process of executive planning. The timeliness of the problem is evident in the international literature dedicated to the subject. Professionals and academics agree that innovative university-industry-architect collaboration models are needed to achieve effective improvements and to bridge the practical knowledge gap in projects. Some models are known, especially in the USA: 'Evidence based design'¹³ (EBD), focused on aspects of health care, and *Research based design*¹⁴ (RBD) focused on reducing the environmental impact of buildings. Alongside these, other models¹⁵ in-

Collaborazioni integrate Le esperienze presentate non esauriscono l'elenco degli studi¹¹ che stanno cercando di coniugare progetto e processi di ricerca per sostenere la progettazione esecutiva e migliorare le prestazioni degli edifici. Seppure nella loro eccezionalità di grandi società di progettazione, rappresentano un'evoluzione sostenuta, soprattutto negli USA, dall'AIA¹², affinché i professionisti diventino capaci di dimostrare i risultati raggiunti.

In un contesto come quello italiano, in cui la progettazione edilizia e l'industria delle costruzioni stanno cambiando molto lentamente, qualità e affidabilità delle costruzioni saranno presto un tema di cui l'architetto dovrà farsi carico se vorrà continuare a rivestire un ruolo nel processo della progettazione esecutiva.

L'attualità del problema è evidente nella letteratura internazionale dedicata al tema. Professionisti e accademici concordano nel ritenere che servano modelli innovativi di collaborazione università-industria-architetti per colmare il gap di conoscenza pratica applicabile al progetto e raggiungere efficaci miglioramenti. Alcuni modelli sono noti, soprattutto negli USA: 'Evidence based design'¹³ (EBD), concentrato sugli aspetti dell'assistenza sanita-

ria, e il *Research based design*¹⁴ (RBD) focalizzato sulla riduzione dell'impatto ambientale degli edifici. Accanto a questi, sono stati proposti altri modelli¹⁵ ispirati alla ricerca traslazionale (Donofrio, 2015). Il primo inserisce la professione nell'accademia (*practice embedded in the academy*): professionisti sono chiamati a condurre 'research-based design studio' per incidere direttamente sui temi di ricerca e trarre beneficio dai risultati ottenuti. È il caso degli architetti Kieran e Timberlake che dal 2000 conducono alla Penn University *design research laboratories* e non 'design studios'. Il secondo (*academy embedded in the practice*) inserisce dottorandi negli studi di progettazione in una sorta di praticantato. Il terzo (*collaboration*) consiste nella collaborazione tra professionisti e centri di ricerca/facoltà come nell'alleanza accademica-industriale del Center for Architecture Science and Ecology (CASE), ospitato dal Rensselaer Polytechnic Institute o, in Europa, dall'Empa a Dübendorf¹⁶.

Conclusioni Nell'Età dell'Informazione si discute di come il progresso umano e il benessere dipendano sempre più da un'efficiente organizzazione del ciclo di vita dell'informazione, richiedendo

05 |



Research Process

1. Information Gathering/Hypothesis Formation
2. Design + Build Four Mockups
3. Survey + Analysis
4. Steering Committee Feedback
5. Design + Build Hybrid Mockup
6. Create Guidelines

Testing the patient and provider experience improves the performance of our design solutions.

2. EXAM ROOM #1, EXAM ROOM #2, EXAM ROOM #3, EXAM ROOM #4, PATIENT ENTRY HALLWAY, CAREGIVER WORK ZONE

3. | 4. 5. 6.

Hybrid Mockup

42% of respondents think a modular casework and storage solution allows the most versatility in work types.

37% of respondents think a reveal monitor best allows information to be clearly viewed by patient.

40% of respondents think a powered exam table with arm accessories allows the greatest flexibility.

52% of respondents think a sliding patient door works best.

42% of respondents prefer a wall-

spired by translational research have been proposed (Donofrio, 2015). The first model sees the profession placed in academia (*practice embedded in academia*): professionals are called to conduct 'research-based design' studios to directly impact research topics and to benefit from the results. This is the case of the architects Kieran and Timberlake who, since 2000, have led *design research laboratories* in Penn University and not 'design studios'. The second one (*academia embedded in practice*) places doctoral students in design firms in a sort of work placement. The third one (*collaboration*) consists of the collaboration between professionals and research centres / faculties such as in the academic-industrial alliance of the Center for Architecture Science and Ecology (CASE), hosted by the Rensselaer Polytechnic Institute or, in Europe, by the Empa in Dübendorf⁶.

Conclusions

In the Information Age human progress and well-being depend more and more on an efficient organization of the information life cycle, thereby requiring an understanding of the conceptual nature and implications of new technologies (Floridi, 2009 and 2017). The theme proposed by this contribution has as its backdrop the debate on the necessity of a philosophy of Information, as well as on the rediscovery of humanistic knowledge in order to return to think in a philosophical way about technology in the era of digital transformation (Accoto, 2017), i.e. on the need to understand the processes and interrogate the life of buildings to improve the built environment (Rahim, 2006). In this context, innovation flourishes from incremental changes and the recombination of existing material, when supported by "evidence-

based practice". The development of the theme would also involve addressing the debate on the 'critical review of traditional models of conceiving scientific knowledge, its production and its relationship with practice' initiated by the social sciences, in which research supports important *policy-making* activities (Hammersley, 2016). In this context this contribution was limited to looking at some exceptional design experiences in order to identify the possible challenges for the designer who is called in the transition from concept to executive design. Some considerations arose:

- the design process aimed at innovation includes research processes with the objective of acquiring measurable data;
- executive design makes use of the interdisciplinary presence of researchers and developers who work

alongside the designers, along with the integration of multiple tools;

- the forces of the project should be used to translate research into applications;
- the design results must be measured and communicated in order for them to be transmitted.

Finally, translational research can inspire new models of trans-disciplinary collaboration, as evidenced by the success of the American experience of the *Research-based Design Initiative* at the School of Architecture, Portland State University, created to implement the transition between the creative sphere and the sphere of realization through collaboration between academia, industry and professionals (Poel & Griffin, 2017). In conclusion, like translational medicine, an interdisciplinary collaboration capable of integrating

una comprensione della natura concettuale e delle implicazioni delle nuove tecnologie (Floridi, 2009 e 2017). Il tema proposto da questo contributo ha sullo sfondo il dibattito sulla necessità di una filosofia dell'Informazione e sulla riscoperta del sapere umanistico per tornare a pensare filosoficamente la tecnologia nell'era della trasformazione digitale (Accoto, 2017), ossia sulla necessità di capire i processi e interrogare la vita degli edifici per migliorare l'ambiente costruito (Rahim, 2006). In questo contesto, l'innovazione cresce anche da modifiche incrementali e ricombinazioni del materiale esistente, se sostenuta da una 'pratica informata dalle evidenze'. Lo sviluppo del tema comporterebbe anche di affrontare il dibattito sulla 'rivisitazione critica di modelli tradizionali di concepire la conoscenza scientifica, la sua produzione e il suo rapporto con la pratica' avviato dalle scienze sociali in cui la ricerca sostiene importanti attività di *policy-making* (Hammersley, 2016).

In questo quadro il contributo si è limitato a guardare alcune esperienze progettuali eccezionali per individuare le possibili sfide a cui è chiamato il progettista nel passaggio dall'ideazione alla progettazione esecutiva. Ne sono derivate alcune considerazioni:

- il processo progettuale mirato all'innovazione include processi di ricerca finalizzati ad acquisire dati misurabili;
- la progettazione esecutiva si avvale della presenza interdisciplinare di ricercatori e sviluppatori che lavorano a fianco dei progettisti e dell'integrazione di più strumenti;
- le forze del progetto dovrebbero essere usate per tradurre la ricerca in applicazioni.
- i risultati della progettazione devono essere misurati e comunicati affinché siano trasmissibili.

La ricerca traslazionale, infine, può ispirare nuovi modelli di

studies and experiences of a varied nature (from the laboratory, to the patient's bedside, to dialogue with the community) that allow the improvement of prevention, diagnosis and therapies and the provision of proven strategies that are communicated and disseminated in the community, in the same way the multidisciplinary nature of architecture could support the development of a translational research culture, in which the industry can show and solicit legitimate research interests between those who produce it (university) and who apply it (professionals), thus favouring a general dissemination of informed knowledge.

NOTES

¹ The term "master builder" is cited by Kieran and Timberlake (2004) in which it is hoped that the figure of the

architect will return to govern the assembly, the development of products and the science of materials that have been delegated to specialists, allowing the means and methods of construction to move out of the sphere of architecture. This is also supported by Noah Raford (2018), *Futurist in Chief* of the Dubai Future Foundation: artificial intelligence, 3D printing and robotics in construction will end up with the architect co-designing with Artificial Intelligence specialists and being the coordinator of the professionals involved.

² Studies on prefabrication and ergonomics in the 1940s, as well as physiological and psychological research in the domestic environment in collaboration with the John B. Pierce Foundation, were crucial for the Skidmore, Owings, and Merrill (SOM) firm which specialized in prefabrication construction and office design.

collaborazione trans-disciplinari, come dimostra il successo dell'esperienza americana *Research-based Design Initiative* della School of Architecture della Portland State University, nata per implementare il passaggio tra ambito ideativo e realizzativo attraverso la collaborazione tra accademia, industria e professionisti (Poel&Griffin, 2017).

In conclusione, come la medicina traslazionale, attraverso una collaborazione interdisciplinare capace di integrare studi ed esperienze di diversa natura (dal laboratorio, al letto del paziente, al dialogo con la comunità) permette di migliorare la prevenzione, la diagnosi e le terapie, fornendo, strategie comprovate comunicate e diffuse nella comunità, allo stesso modo la natura multidisciplinare dell'architettura potrebbe sostenere lo sviluppo di una cultura della ricerca traslazionale, in cui l'industria può mostrare e sollecitare legittimi interessi di ricerca tra chi la produce (università) e chi la applica (professionisti), favorendo una generale diffusione di conoscenze informate.

NOTE

¹ Il termine "master builder" è citato dallo studio di Kieran e Timberlake (2004) in cui si auspica che la figura dell'architetto torni a governare l'assemblaggio, lo sviluppo dei prodotti e la scienza dei materiali che ha delegato agli specialisti, lasciando che i mezzi e i metodi della costruzione si muovessero fuori dalla sfera dell'architettura. Lo sostiene anche Noah Raford (2018), *Futurist in Chief* della Dubai Future Foundation: intelligenza artificiale, stampa 3D e robotica nella costruzione porteranno l'architetto a co-progettare con specialisti dell'Intelligenza Artificiale e a essere il coordinatore delle professionalità coinvolte.

² Gli studi sulla prefabbricazione ed ergonomia, nonché la ricerca fisiologia e psicologia nell'ambiente domestico in collaborazione con la John B.

³ Thomas Fisher, director of the Minnesota Design Center, says: «At a time when architects must respond to everything from the adaptability of space in the midst of the digital revolution to the resilience of buildings in the face of climate change to the affordability of construction in an era of growing inequality, research has become critical to twenty-first century architectural practice. The more unanswered questions we have regarding the rapidly evolving world around us, the more we need research to help us answer them.» (Fisher, 2017, p.131).

⁴ The portal (<https://www.brikbases.org/>) is organized in: 'Research use' (design, economic and professional aspects); 'Research type' (services, buildings, civil infrastructures, materials and systems). Each research is presented in detail in a sheet containing a summary, the authors, the presenters, the review-

ers and the in-depth document.

⁵ <https://www.cochrane.org/>.

⁶ The activities of the firm are clear from the presentation on the site: KieranTimberlake | Architecture, Planning, Research.

⁷ The award was won with the work 'Research into new material development and application', started at the Master of Architecture Research Laboratory at the University of Pennsylvania, by architects Stephen Kieran and James Timberlake (2004).

⁸ <https://kierantimberlake.com/posts/view/373/>.

⁹ The research activity of the Gensler Research Institute is documented in a section of the site with publications (*2018 Impact by Design 2018; Experience IndexSM*), reviews (Dialogue magazine) and collections (*Research Catalogue vol.2*) of the results of studies on: Cultural Transformation, Engagement

Pierce Foundation, negli anni 40, furono cruciali per lo studio Skidmore, Owings, and Merrill (SOM) che si specializzò nella prefabbricazione edilizia e nella progettazione di uffici.

³ Thomas Fisher, direttore del Minnesota Design Center, sostiene: «At a time when architects must respond to everything from the adaptability of space in the midst of the digital revolution to the resilience of buildings in the face of climate change to the affordability of construction in an era of growing inequality, research has become critical to twenty-first century architectural practice. The more unanswered questions we have regarding the rapidly evolving world around us, the more we need research to help us answer them» (Fisher, 2017).

⁴ Il portale (<https://www.brikbases.org/>) è organizzato in: 'Research use' (progettazione, aspetti economici e professionali); 'Research type' (prestazioni, edifici, infrastrutture civili, materiali e sistemi). Ogni ricerca è presentata in dettaglio in una scheda contenente una sintesi, gli autori, i presentatori, i revisori e il documento di approfondimento.

⁵ <https://www.cochrane.org/>.

⁶ Le attività dello studio sono chiare sin dalla presentazione sul sito denominato: KieranTimberlake|Architecture, Planning, Research.

⁷ Il premio è stato vinto con il lavoro 'Research into new material development and application', iniziato nel Master of Architecture Research Laboratory presso la University of Pennsylvania gli architetti Stephen Kieran e James Timberlake (2004).

⁸ <https://kierantimberlake.com/posts/view/373/>.

⁹ L'attività di ricerca del Gensler Research Institute è documentata in una sezione del sito con pubblicazioni (*2018 Impact by Design 2018; Experience IndexSM*), riviste (*Dialogue magazine*) e raccolte (*Research Catalogue vol.2*) dei risultati delle ricerche su: Cultural Transformation, Engagement&Experience, Evolving Cities, Organizational Strategy.

¹⁰ 'Testing the validity of exam room design' (Gensler Research Institute) riassume il processo di ricerca seguito per la progettazione.

& Experience, Evolving Cities, Organizational Strategy.

¹⁰ 'Testing the validity of exam room design' (Gensler Research Institute) summarizes the research process followed by design.

¹¹ The Latrobe Prize and literature on the subject indicate some interesting studies for research-profession synergy: Architectural Research Office, HOK, ShoP Architects, Stantec or Urbanlab.

¹² The 2030 Commitment is a challenge launched by AIA to member companies to take on a leadership role in reducing energy consumption and the creation of greenhouse gases in buildings by demonstrating the actual performance achieved by their projects.

¹³ For the definition of EBD: <https://www.healthdesign.org/certification-outreach/edac/about>.

¹⁴ RBD «uses quantitative data col-

lected from existing buildings, generated through rapid prototyping and testing, or simulated using parametric and genetic computer modeling to reduce resources consumptions through improved design» (2015).

¹⁵ Thanks to significant funding of over one million dollars, a Research-based Design Initiative was trialled at the Portland State University School of Architecture to encourage better performance of buildings, through translational research and interdisciplinary collaboration (Vander Poel and Griffin, 2017).

¹⁶ The NEST is a building dedicated to applied research, designed by Gramazio Kohler Architects, consisting of a nucleus of services and plates, in order to test modules, facades and various technological components studied in an academic context and selected in collaboration with industry.

¹¹ Il Latrobe Prize e la letteratura sul tema indicano tra gli studi interessanti per la sinergia ricerca-professione: Architectural Research Office, HOK, ShoP Architects, Stantec o Urbanlab.

¹² Il 2030 Commitment è una sfida lanciata dall'AIA alle aziende associate per assumere un ruolo di leadership nel ridurre il consumo di energia e la creazione di gas serra negli edifici dimostrando le effettive prestazioni raggiunte dai loro progetti.

¹³ Per la definizione di EBD: <https://www.healthdesign.org/certification-outreach/edac/about>.

¹⁴ RBD «uses quantitative data collected from existing buildings, generated through rapid prototyping and testing, or simulated using parametric and genetic computer modeling to reduce resources consumptions through improved design» (2015).

¹⁵ Grazie a un importante finanziamento di oltre un milione di dollari, nella School of Architecture della Portland State University è stata sperimentata una Research-based Design Initiative per incoraggiare migliori prestazioni degli edifici, attraverso la ricerca traslazionale e la collaborazione interdisciplinare (Vander Poel and Griffin, 2017).

¹⁶ Il NEST è un edificio, progettato da Gramazio Kohler Architects, dedicato alla ricerca applicata, costituito da un nucleo di servizi e da piastre, per testare moduli, facciate e vari componenti tecnologici studiati in ambito accademico e selezionati in collaborazione con l'industria.

REFERENCES

- Accoto, C. (2017), *Il mondo dato. Cinque brevi lezioni di filosofia digitale*, Egea.
- Bellicini, L. (2019), "Le resistenze delle costruzioni all'aumento della produttività e all'innovazione", available at: www.cresme.it (accessed 1 January 2019).
- Carlisle, S. and Piana, M. (Kieran Timberlake) (2013), "Growing resilience: long-term plant dynamics and green roof performance", *CitiesAlive 11th Annual Green Roof and Wall Conference 2013 Conference Proceedings*, pp. 1-15.

- Celento, D. (2007), "Innovate or Perish. New Technologies and Architecture's Future", in *Harvard Design Magazine*, Spring/Summer 2007, n. 27, pp. 1-9.
- Donofrio, M. (2015), "A framework for a trans-disciplinary, translational research group for building innovation", *Procedia Engineering 118, International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction*, Elsevier, pp. 1274-1281.
- Fisher, T. (2017), "Research and Architecture's Knowledge Loop", *Technology | Architecture + Design*, 1:2, pp. 131-134.
- Floridi, L. (2009), "The Information Society and Its Philosophy: Introduction to the Special Issue on The Philosophy of Information, Its Nature, and Future Developments", *The Information Society*, 25, pp. 153-158.
- Floridi, L. (2017), "The Logic of Design as a Conceptual Logic of Information", *Minds & Machine*, Springer, 27: 3, pp. 495-519.
- Griffin, C. (2015), "Research-based design as translational research between the academy and practice," *Proceedings of the Architectural Research Centers Consortium (ARCC) Conference*, Chicago, IL, April 6-9, 639-641.
- Kieran, S. and Timberlake, J. (2004), *refabricating Architecture. How Manufacturing Metodologies Are Poised to Transform Building Construction*, McGraw-Hill.
- Hammersley, M. (2016), *Il mito dell'evidence-based. Per un uso critico della ricerca sociale applicata*, Raffaello Cortina Editore.
- Jung, H.T. (2018), "The Impact of Measurement Research on Prefabrication and Modulation in SOM's Postwar Housing and Office Buildings", *Technology | Architecture + Design*, 2:2, pp. 196-205.
- Yarinsky, A. (2016), "Ten Considerations for Design Pedagogy from Practice", available at: www.aro.net.
- Martin, D. (2019) "Creating opportunities in translational research", *IFHE DIGEST 2019*, pp. 33-36.
- Olsen, O. (2018), "Quantification and Quality in Architecture and Design", *Technology | Architecture + Design*, 2:2, pp. 124-125.
- Raford, N. (2018), "Il manifesto dell'innovazione secondo Noah Raford" (intervista), *Arketipo*, 125.
- Rahim, A. (2006), *Catalytic Formations: Architecture and Digital Design*, Taylor & Francis, Abingdon.
- Vonier, T. (2018), "Re-finding a Voice: Building an Agenda for research in Architecture", *Technology | Architecture + Design*, 2:1, pp. 5-7.
- Vander Poel, K. and Griffin, C. (2017), "Research-Based Design and Green Buildings: Interdisciplinary Collaboration Between Students, Faculty and Practitioners", *Intersections Between the Academy and Practice. Collaboration: Technology, Research, Practice*, AIA/ACSA Intersections Symposium, pp. 41-47.
- Zarzycki, A. (2018a) "Describe, Explain, and Predict", *Technology | Architecture + Design*, 2:1, 1-1.
- Zarzycki, A. (2018b) "Zen of Python: Principle 8", *Technology | Architecture + Design*, 2:2, 123-12.

Roberto Giordano, Elena Montacchini, Silvia Tedesco,
Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

roberto.giordano@polito.it
elena.montacchini@polito.it
silvia.tedesco@polito.it

Abstract. La finalità del contributo è quella di indagare il ruolo strategico dell'attività di prototipazione fisica nella progettazione, dalla ideazione alla realizzazione, in un contesto caratterizzato dalla sempre più diffusa presenza delle tecnologie digitali e di prototipi virtuali. Partendo dall'individuazione di alcune categorie di prototipi (provocatori, sperimentali, di produzione), l'articolo propone una riflessione critica sugli elementi caratterizzanti le attività di prototipazione nei campi della didattica, della ricerca e del trasferimento tecnologico.

Parole chiave: Prototipazione; Learning by doing; Soluzioni tecnologiche innovative; Hands-on design.

Introduzione

Il convegno "La Produzione del Progetto", che si è svolto nel giugno del 2018 a Reggio Calabria¹, è stato l'occasione per riflettere e discutere su alcune trasformazioni indotte all'attività progettuale dalle sfide della contemporaneità. Mario Losasso durante il suo intervento nella sessione Qualità del progetto, Qualità della costruzione, ha definito le tecnologie abilitanti come *medium* per una consapevole gestione cognitiva del progetto.

Le funzioni cognitive implicano la codificazione, la trasformazione e l'immagazzinamento delle informazioni per simulare e visualizzare comportamenti di elementi e di sistemi e, più in generale, per gestire le scelte e testare le idee sin dall'inizio del processo di progettazione.

Lo spazio virtuale, «spazio intermedio tra le idee e la materia», in cui sono possibili nuovi livelli di sperimentazione, è ricco di potenzialità, consentendo la simulazione, il controllo e la verifica di informazioni e dati di diversa natura (Falotico, 2017).

Questa «rivoluzione digitale» ha coinvolto inevitabilmente non solo la pratica professionale, ma anche il modo di insegnare il progetto, il modo fare ricerca e di sperimentare, il modo di ingegnerizzare e produrre nuove soluzioni tecnologiche, come do-

Experiment, develop and provoke: the prototype as an instrument of design

Abstract. The aim of the essay is to investigate the strategic role of physical prototyping in design, from concept to application, in a context characterised by the increasingly widespread presence of digital technologies and virtual prototypes. Starting from the identification of certain categories of prototypes (provocative, experimental, production), the article proposes a critical overview of the elements that characterise prototyping activities in the fields of education, research and technological transfer.

Keywords: Prototyping; Learning by doing; Innovative technological solutions; Hands-on design.

Introduction

The conference entitled "The Production of Design", held in Reggio Calabria in June 2018¹, was an oppor-

tunity to review and discuss some of the design transformations resulting from contemporary challenges. Mario Losasso defined the enabling technologies as a medium for a conscious cognitive management of design during his presentation in the session on Design Quality, Construction Quality. Cognitive functions involve the coding, transformation and storage of information to simulate and visualise the behaviour of elements and systems and, more generally, to manage choices and test ideas from the very beginning of the design process.

The virtual space, the «intermediate space between ideas and matter», where new levels of experimentation are possible, is full of potential, allowing the simulation, control and verification of different types of information and data (Falotico, 2017). This «digital revolution» has inevitably involved not only the professional sphere, but also the way design is taught, the way research and experiment are carried out and the way new technological solutions are engineered and produced, as documented by the extensive cultural debate in progress (Church, 2017; Neuckermans, 2017; Paris, 2017).

However, learning and research, from the perspective of a cognitive science, can also be characterised through constructive and interactive processes, particularly through the development of the prototyping of materials and components; prototyping being understood as a medium for consciously analysing and assessing design. In the fields that characterise the academy – didactics, research and technological transfer – hands-on activity, understood as physical prototyping, is used from the concept through to the

Tuttavia, apprendimento e ricerca, nella prospettiva di una scienza cognitiva, sono anche caratterizzabili attraverso processi costruttivi e interattivi, in particolare attraverso lo sviluppo della prototipazione di materiali e componenti; prototipazione da intendere anch'essa come mezzo (medium) per analizzare e valutare coscientemente il progetto. Negli ambiti caratterizzanti l'accademia – didattica, ricerca e trasferimento tecnologico – l'attività *hands-on*, intesa come prototipazione fisica, è utilizzata dall'ideazione alla realizzazione del progetto per diverse ragioni: apprendere, sviluppare idee, raccogliere feedback, prendere decisioni, esplorare tecnologie e monitorarle nel tempo, scoprire opportunità di miglioramento. I prototipi fisici rivestono un ruolo fondamentale nell'ambito della progettazione tecnologica e del suo insegnamento poiché possono essere utilizzati come: *learning tools*, per rispondere a domande tipo: «Come funziona?» oppure «Funzionerà?»; *communication tools*, per fornire una rappresentazione visiva e tattile tridimensionale di immediata comprensione; *integration tools*, per verificare l'assemblabilità o le modalità di connessione di elementi e componenti di un sistema; *milestones*, per dimostrare il raggiungimento di risultati tangibili (Ulrich and Eppinger, 2012).

Nelle Scuole di Architettura, come il MIT - Massachusetts Institute of Technology - o l'ETH di Zurigo, la prototipazione fisica rappresenta un'esperienza di didattica efficace, il metodo formativo si basa sull'"imparare facendo" e i laboratori costituiscono le "officine" in cui realizzare "al vero" l'idea architettonica (Paris, 2017). Nei Design-Build projects, sviluppati in tutto il mondo

bly involved not only the professional sphere, but also the way design is taught, the way research and experiment are carried out and the way new technological solutions are engineered and produced, as documented by the extensive cultural debate in progress (Church, 2017; Neuckermans, 2017; Paris, 2017).

However, learning and research, from the perspective of a cognitive science, can also be characterised through constructive and interactive processes, particularly through the development of the prototyping of materials and components; prototyping being understood as a medium for consciously analysing and assessing design. In the fields that characterise the academy – didactics, research and technological transfer – hands-on activity, understood as physical prototyping, is used from the concept through to the

In the fields that characterise the academy – didactics, research and technological transfer – hands-on activity, understood as physical prototyping, is used from the concept through to the

come strategia di *architectural education*, gli studenti sviluppano e costruiscono in scala reale vere e proprie strutture edilizie (Folic *et al.*, 2016).

La letteratura documenta ampiamente l'uso dei prototipi fisici come strumento di sperimentazione, di verifica e di validazione delle performance di nuovi prodotti, nonché esempi sviluppati collaborazione tra università e imprese (Tronvoll, 2017).

In questo scenario, a partire dall'individuazione di diverse categorie di prototipi, si intende proporre una riflessione sugli elementi caratterizzanti le attività di prototipazione fisica in ambito accademico, nei campi della didattica, della ricerca e del trasferimento tecnologico e in particolare sul ruolo che hanno avuto nello sviluppo di alcuni progetti.

Prototipi provocatori, sperimentali e di produzione: dalla tassonomia alle esperienze

La letteratura scientifica identifica diverse modalità di classificazione e metodi legati all'attività di prototipazione fisica (Bogers, 2014; Buchenau, 2000; Lim, 2008; Mayhew, 1986). In particolare, stimolo per la progettazione tecnologica la tassonomia proposta da Stan Ruecker in relazione alle Digital Humanities (Ruecker, 2015) che individua tre diverse categorie di prototipi a seconda dell'obiettivo per cui vengono realizzati: *experiment*, *development and provocation prototypes*. I primi, i prototipi sperimentali, hanno l'obiettivo di produrre una sorta di conoscenza di un'idea che il prototipo incarna, utili per lo sviluppo sperimentale e di ricerca. I secondi sono i prototipi di produzione, destinati allo sviluppo di un nuovo prodotto. Lo scopo dei prototipi provocatori non è affrontare una questione di ricerca o portare allo sviluppo di un prodotto,

application of the project for various reasons: learning, developing ideas, gathering feedback, making decisions, exploring technologies and monitoring them over time, discovering opportunities for improvement.

Physical prototypes play a fundamental role in technological design and the teaching of this subject because they can be used as learning tools, to answer questions such as «How does it work?» or «Will it work?»; communication tools, to provide an immediately comprehensible three-dimensional visual and tactile representation; integration tools, to verify the assemblability or the connection of the elements and components of a system; milestones, to demonstrate the achievement of tangible results (Ulrich and Eppinger, 2012). In schools of architecture, such as the MIT - Massachusetts Institute of Technology - or the

ETH in Zurich, physical prototyping is an effective teaching experience. The training method is based on "learning by doing" and the laboratories are the "workshops" in which the architectural idea can be implemented in real terms (Paris, 2017). In Design-Build projects, developed all over the world as a strategy of architectural education, students design and build real, full-sized constructions (Folic *et al.*, 2016).

Literature extensively documents the use of physical prototypes as tools for testing, verifying and validating the performance of new products, and examples developed in partnership between universities and businesses (Tronvoll, 2017).

In this scenario, starting with the identification of different categories of prototypes, we are going to reflect on the elements that characterise physical prototyping activities in academia, in

ma è invece quello di interrompere il pensiero delle persone, di stupire, di disturbare, insomma di provocare una reazione.

A partire dalla tassonomia proposta, il contributo si sviluppa attraverso un confronto di attività svolte secondo l'approccio *learning by doing*, condotte dal gruppo di ricerca di tecnologia del Dipartimento di Architettura e Design (DAD)- Politecnico di Torino - nei campi della didattica, della ricerca, del trasferimento tecnologico e della produzione. Tali attività, realizzate in modo diretto o in collaborazione con tecnici o aziende di settore, hanno avuto l'obiettivo di valutare, attraverso la prototipazione fisica di soluzioni tecnologiche innovative, la fattibilità tecnologica ed economica, le prestazioni e la sostenibilità ambientale di processi e materiali.

Le numerose esperienze condotte fanno riferimento ad attività di progettazione, costruzione e monitoraggio realizzate sia attraverso la costruzione di mock up sia attraverso la costruzione di prototipi o componenti edilizi.

Attraverso una chiara distinzione tra diverse categorie di prototipi e metodologie di prototipazione e attraverso una esplicita valutazione degli obiettivi potenzialmente raggiungibili (per cultura, ricerca, sperimentazione e didattica), il contributo identifica il ruolo, o meglio, i ruoli della prototipazione nel progetto.

Prototipi provocatori

Tra le esperienze di prototipazione, la realizzazione di prototipi provocatori è quella che maggiormente possiede caratteristiche di incertezza e, allo stesso tempo, una vocazione fortemente interdisciplinare per le competenze che spesso vengono coinvolte. Questi prototipi non possono essere ricondotti in alcun modo a metodologie di ricerca deduttive, sono connotati, al contrario,

the fields of education, research and technology transfer, and particularly on the role they have played in the development of certain projects.

Provocative, experimental and production prototypes: from taxonomy to experience

Scientific literature identifies different types of classification and methods related to the physical prototyping activity (Bogers, 2014; Buchenau, 2000; Lim, 2008; Mayhew, 1986). In particular, the taxonomy proposed by Stan Ruecker in relation to Digital Humanities (Ruecker, 2015), which identifies three different categories of prototype depending on the purpose for which they are made, inspires technological design: experiment, development and provocation prototypes. The former, experimental prototypes, aim to produce a kind of knowledge of an

idea embodied by the prototype, useful for experimental development and research. The second, production prototypes, are destined for the development of a new product. The purpose of provocative prototypes is not to address research or lead to the development of a product, but to interrupt people's thoughts, to amaze, to disturb and, in short, to provoke a reaction. Starting from the taxonomy proposed, the contribution develops through a comparison of activities carried out according to the learning by doing approach, conducted by the technology research group of the Department of Architecture and Design (DAD) - Politecnico di Torino - in the fields of teaching, research, technological transfer and production. These activities, carried out directly or in conjunction with technicians or companies, were aimed at assessing, through the

da modelli induttivi, in cui il risultato non può essere prefigurato a priori o strategicamente programmato. Si tratta altresì di un esito di un processo di elaborazione materiale di fatti, di informazioni e di eventi, che attribuiscono al progetto architettonico il compito di esprimere numerose istanze, a partire da quelle sociali e ambientali.

Il concetto di prototipo provocatorio qui illustrato si riferisce al testo di Boer e Donovan (Boer, 2012). Gli autori definiscono il *Provotyping* – sincrasi di provocazione e prototipazione – uno strumento di analisi delle condizioni attuali e allo stesso tempo di messa a punto di soluzioni attraverso cui modificare le stesse condizioni. In altre parole, attraverso un prototipo provocatorio vengono analizzate delle criticità e si elaborano soluzioni alternative che sfidano modelli culturali, sociali ed economici correnti, nonché le prassi consolidate di progettazione. In tale contesto il Politecnico di Torino ha condotto due esperienze, la prima riguarda un progetto di ricerca denominato KeratoStone, la seconda la realizzazione, attraverso un workshop, di un allestimento temporaneo chiamato #AM6².

KeratoStone, dal greco *Kératos*, cioè corno, e dall'inglese *Stone*, ovvero pietra, nasce dalla collaborazione tra ricercatori del DAD e dell'Università delle Scienze Gastronomiche, studenti del Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile e una piccola start-up (13Ricerca) con l'obiettivo condiviso di presentare, in occasione del Fuori Salone 2015 (MI, Italia), un prodotto in grado di sorprendere il pubblico e di farlo riflettere su alcuni temi inerenti l'impronta ecologica associata al consumo di cibo. La sfida si rivolgeva a un modello di consumo specifico, quello di produzione e uso della carne bovina che, come confermato da uno studio condotto dall'Università di Oxford (Poore, 2018)

physical prototyping of innovative technological solutions, the technological and economic feasibility, performance and environmental sustainability of processes and materials.

The numerous experiences undertaken refer to design, construction and monitoring activities carried out both through the construction of mock-ups and through the construction of prototypes or building components.

By clearly distinguishing between different categories of prototypes and prototyping methodologies and by explicitly assessing the goals potentially achievable (in terms of culture, research, experimentation and teaching), the contribution identifies the role, or rather, the roles of prototyping in design.

Provocative prototypes

Among the prototyping experiences,

rilascia nell'atmosfera fino a 105 kg di CO₂ equivalenti ogni ogni 100 grammi di proteine (4 fette di bistecca); un valore pari alla produzione di quasi 30 Kg di alluminio. La consapevolezza di un impatto ambientale tanto significativo ha comportato l'esigenza, in una fase iniziale, di approfondire il ciclo di vita di un bovino e, in una fase sperimentale, di caratterizzare sottoprodotti e rifiuti con elevate proprietà chimico-fisiche, come, ad esempio, la cheratina contenuta negli zoccoli e nelle corna, normalmente non valorizzata in alcun processo industriale.

Come illustrato in Fig. 1, attraverso operazioni di pulizia, ammorbidente, taglio e posa su un intonaco a base calce – che non potevano essere altrimenti verificate se non attraverso la modellazione fisica degli scarti della macellazione – è stato possibile ottenere un prodotto (assimilabile per prestazioni a una finitura) con un effetto estetico simile a quello un mosaico di madreperla (Fig. 2), dimostrando che un oggetto che nasce nei luoghi dell'immaginario collettivo sinistri, dove avviene la macellazione dei bovini, può, al contrario, distinguersi sul piano formale in modo sorprendentemente raffinato.

#AM6 costituisce invece un'esperienza interdisciplinare che si pone a metà tra didattica innovativa e ricerca applicata. Un team di docenti e studenti della Scuola di Architettura del Politecnico di Torino, in collaborazione con l'associazione culturale Atelier Mobile e l'artista Carlos Valverde, ha sviluppato una proposta di architettura effimera in grado di valorizzare uno spazio residuale della città di Torino all'interno del cosiddetto Bunker, un ex area industriale dismessa alla fine degli anni '80, situata a Nord della città di Torino. La sfida lanciata agli studenti riguardava la capacità di progettare in un ecosistema dove le risorse di materiali e di energia sono limitate; e per rendere pienamente tangibile e

and, at the same time, for developing solutions to change these conditions. In other words, a provocative prototype analyses critical issues and develops alternative solutions that challenge current cultural, social and economic models, as well as established design practices. Politecnico di Torino has carried out two experiences in this context. The first concerns a research project called KeratoStone, the second is the creation, through a workshop, of a temporary installation called #AM6². KeratoStone, from the Greek *Kératos*, meaning horn, and the English word Stone, is the result of a collaboration among researchers from the DAD and the University of Gastronomic Sciences, students of the Degree Course in Architecture for Sustainable Design and a small start-up (13Ricerca) with the shared aim of presenting at the Fuori Salone 2015 (Milan, Italy) a product

capable of surprising the public and making them reflect on certain issues relating to the carbon footprint associated with the consumption of food.

The challenge addressed a specific consumer model, the production and use of beef, which, as confirmed by a study conducted by Oxford University (Poore, 2018) releases up to 105 kg of CO₂ equivalent into the atmosphere for every 100 grams of protein (four slices of steak); a value equal to the production of almost 30 kg of aluminium. The awareness of this significant environmental impact initially led to the need to analyse the life cycle of a cow and, in an experimental phase, to characterise by-products and waste with high chemical-physical properties, such as, for example, the keratin contained in hoofs and horns, which is not usually exploited in any industrial process.



comprensibile la complessità di tale sfida agli studenti sono stati consegnati un numero finito di listelli lignei con i quali progettare e costruire una soluzione di arredo urbano (Fig. 3). Anche in questo caso non c'era una soluzione prestabilita sul piano formale. Gli studenti, singolarmente o in piccoli gruppi, sono

stati capaci di proporre diverse tipologie di arredo per esterni in conformità ai requisiti di progetto. L'attività di progettazione ha anche coinciso con la definizione di una "scatola di costruzioni", dove si raccoglievano tecnologie, tecniche costruttive e sistemi di assemblaggio. Un *modus operandi* senza interruzioni di con-

As illustrated in Fig. 1, through cleaning, softening, cutting and laying on a lime based plaster – operations which could only be verified by the physical modelling of slaughter waste – it was possible to obtain a product (similar in performance to a finish) with an aesthetic effect similar to that of a mother-of-pearl mosaic (Fig. 2), proving that an object created in places generally seen as sinister, where cattle are slaughtered, can actually stand out on a formal level in a surprisingly refined way.

#AM6, on the other hand, is an interdisciplinary experience that combines innovative teaching and applied research. A team of teachers and students from the School of Architecture of Politecnico di Torino, in partnership with the cultural association Atelier Mobile and the artist Carlos Valverde, has developed a proposal for tempo-

rary architecture capable of enhancing a residual space in the city of Torino inside the so-called Bunker, a former industrial area which was abandoned at the end of the 1980s, located north of the city of Torino. The students were challenged to create a design within an ecosystem with limited material and energy resources; and to make the complexity of this challenge fully tangible and understandable, they were given a finite number of wooden planks with which to design and build a street furniture solution (Fig. 3).

Again, there was no formal pre-set solution. Working individually or in small groups, the students were able to propose different types of outdoor furniture in compliance with the project requirements. The design activity also coincided with the definition of a "construction box", gathering together technologies, construction techniques

and assembly systems. A continuous *modus operandi* in which design and prototyping hybridised to achieve a tangible result.

The creation of provocative physical prototypes in the experiences described should be seen as an opportunity to design according to an unusual approach that develops skills in "learning by doing" and an understanding of the critical issues of the current system of knowledge, traditions and behaviour. As highlighted, despite their complexity, the processes of design and prototyping have taken on an ethical purpose. The products and components produced are the result of cultural, environmental and social stimulation. It is no coincidence that the word "challenge" is used more than once in this paragraph, with the intention of capture the essence of Pro-

tototyping: challenging contemporary models, with the dual aim of provoking thought and providing answers to recent and not so recent problems that have never really been solved.

Experimental prototypes

Within the scope of technological design, the purpose of an experimental prototype is to address a question of research, to explore and communicate, to obtain a direct assessment of what we are designing. In this scenario, the experimental prototype approaches the concept of Experience Prototyping (Buchenau, 2000), defined as a design process, a "representation", which allows the interaction with the product, the space or the environment that is being designed. As part of this process, prototyping allows us to understand user experiences and the context of reference, and to explore and assess de-

tinuità dove progetto e prototipazione si sono ibridati fino a raggiungere un risultato tangibile.

La realizzazione di prototipi fisici provocatori nelle esperienze descritte è dunque da intendersi come un'opportunità per progettare secondo un approccio non consueto che conduce a maturare sia competenze nell'“imparar facendo” sia a comprendere attraverso il progetto le criticità dell'attuale sistema di saperi, tradizioni e comportamenti. Come evidenziato, pur nella loro complessità, i processi di progettazione e prototipazione hanno assunto una finalità di tipo etico. Prodotti e componenti realizzati sono infatti il risultato di uno stimolo culturale, ambientale e sociale. Non a caso in questo paragrafo, in più di un'occasione, si è fatto uso del sostantivo “sfida”, con l'intenzione di cogliere l'essenza del *Provotyping*: sfidare i modelli contemporanei, attraverso la duplice finalità di indurre riflessioni e di formulare risposte a problematiche recenti, e meno recenti mai davvero risolte.

Prototipi sperimentali

Nel contesto della progettazione tecnologica, scopo di un prototipo sperimentale è quello di affrontare una questione di ricerca, di esplorare e comunicare, di ottenere una valutazione diretta di ciò che stiamo progettando. In questo scenario il prototipo sperimentale si avvicina anche al concetto di *Experience Prototyping* (Buchenau, 2000), definito come un processo di progettazione, una “rappresentazione”, che consente di interagire con il prodotto, lo spazio o l'ambiente che si sta progettando. Nell'ambito di tale processo la prototipazione consente di comprendere le esperienze degli utenti e il contesto di riferimento, esplorare e valutare le idee progettuali, comunicare le idee sviluppate. Come

sign ideas and communicate the ideas developed. To quote Buchenau: «Experience Prototyping allows us to engage with new problems in new ways». This paragraph describes some examples of prototypes that fulfilled these goals: *understanding, exploring, communicating*.

As part of the MOTE² project (Modulo Tecnologico Equipaggiato ed Ecoefficiente - Equipped and Eco-efficient Technological Module)³, in order to meet a specific need expressed by Sarrotto Group S.r.l., the DAD technology research group was asked to develop a prefabricated module equipped with highly energy-efficient systems for integration into residential units (new construction, existing buildings).

The aim of the work was to integrate in a single unit, made with dry-light technology, the systems (heating, cooling, production of domestic hot water and

ventilation) necessary to meet the energy efficiency and thermohygrometric comfort requirements in residential buildings.

The research was organised into two main phases:

- phase 1: focused on the definition of the technological, installation and morphological system of the module;
- phase 2: focused on the development of a concept that led to the conception of a physical prototype of the MOTE² technology module.

The methodology adopted entailed the active involvement and interdisciplinary exchange of various players from both the industrial and scientific research sectors.

Starting with the identification and characterisation of the types of systems to be envisaged in the MOTE², the concept focused on the design, in the

sostiene Buchenau: «Experience Prototyping allows us to engage with new problems in new ways».

In questo paragrafo vengono descritti alcuni esempi di prototipi che hanno risposto a questi obiettivi: *comprendere, esplorare, comunicare*.

Nell'ambito del progetto MOTE² (MODulo Tecnologico Equipaggiato ed Ecoefficiente)³ per rispondere ad una esigenza specifica dell'azienda Sarrotto Group S.r.l è stato chiesto al gruppo di ricerca di tecnologia del DAD di sviluppare un modulo prefabbricato e equipaggiato con impianti ad alta efficienza energetica, da integrare in unità abitative (nuova costruzione, edifici esistenti).

La finalità del lavoro è stata quella di accogliere e integrare in

KERATOSTONE

(dal greco: Kératos = corno ; e dall'inglese: Stone = pietra) Mosaico realizzato attraverso il recupero dei sottoprodotti di categoria 3 del processo di macellazione, nello specifico le corna bufaline. Viene utilizzato come rivestimento decorativo in ambienti interni. È ideale per pareti, soffitti e pavimenti.



Composizione	Commercializzazione
Materiale riciclato : <ul style="list-style-type: none">• corno bufalino	Formato : <ul style="list-style-type: none">• mosaici
Caratteristiche tecniche	Lavorazione
<ul style="list-style-type: none">• 100x100 cm / 100x50 cm• Calibro 23x23x5 mm	Tecnologie : <ul style="list-style-type: none">• taglio• levigazione
Caratteristiche sensoriali	Finiture : <ul style="list-style-type: none">• incollaggio
Lucentezza : <ul style="list-style-type: none">• matte Trasparenza : <ul style="list-style-type: none">• opaco Texture : <ul style="list-style-type: none">• liscia Durezza : <ul style="list-style-type: none">• rigido Colorazione : <ul style="list-style-type: none">• naturale variegata (verde, rosso, bianco, grigio, nero, marrone)	Altre informazioni
Altre caratteristiche	Materiali : <ul style="list-style-type: none">• in parte riciclabile• da fonte rinnovabile Varie : <ul style="list-style-type: none">• l'azienda effettua il recupero ed il riciclo di tutti gli scarti di lavorazione
Dichiarate dal produttore : <ul style="list-style-type: none">• leggero• di facile manutenzione• resistente agli sbalzi termici (UNI EN ISO 10545-9)• resistente agli agenti chimici (UNI EN ISO 10545-13)• resistente alle macchie (UNI EN ISO 10545-14) Principali applicazioni : <ul style="list-style-type: none">• rivestimenti a parete• soffitti• pavimentazioni	Footprint
	Consumi energetici CED : <ul style="list-style-type: none">• 4,63 kWh/kg Emissioni climalteranti : <ul style="list-style-type: none">• 0,79 kg CO2 eq/kg



un'unica unità spaziale, realizzata con tecnologia secco-leggero, gli elementi impiantistici (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e ricambi d'aria) necessari per soddisfare i requisiti di efficienza energetica e di comfort termico-giometrico nell'ambito di edifici residenziali.

La ricerca è stata organizzata secondo due fasi principali:

- fase 1: dedicata alla definizione del sistema tecnologico-impiantistico-morfologico del modulo;
- fase 2: dedicata allo sviluppo di un metaprogetto che ha portato alla realizzazione di prototipo fisico di modulo tecnologico MOTE².

La metodologia adottata ha visto il coinvolgimento attivo e lo scambio interdisciplinare di attori diversi e appartenenti sia al settore dell'industria sia a quello della ricerca scientifica.

Partendo dall'individuazione e caratterizzazione delle tipologie

smallest possible volume, of a "grain" (mote) which, as well as containing all the services, would facilitate the installation, maintenance, replacement and disassembly operations.

In order to quickly assess the technical feasibility, design workshops were organised with the aim of selecting materials, elements and components, as well as developing the executive design of the module.

While the prototype was being assembled, some changes to the preliminary concepts were necessary to optimise the solution. The creation of a full-scale prototype of the module, in which the housing of the system components was also simulated, made it possible to analyse and verify the strengths and weaknesses of the technological-constructive-morphological and system components (understanding), to identify the corrective actions required

in the subsequent phases of industrialisation of the module (exploring), to transmit the strategic guidelines of the company with a physical testimony (communicating) (Fig. 4).

Experimental prototyping can be applied extensively in the field of research related to the superuse and upcycling of waste materials. In this context, experimentation, the hands-on laboratory activity, involves researchers and students in the development of innovative technological solutions for the building industry, starting with the characterisation of waste from other sectors (textile waste, agricultural waste, for example). The construction of mock-ups makes it possible to understand the optimal design mix in terms of materials and processing characteristics, to explore new technological solutions, to communicate with the companies involved, making

di impianto da prevedere in MOTE²,

il concept si è focalizzato sulla progettazione, nel minore volume possibile, di una "particella" (significato di "mote" in inglese) che, oltre a contenere tutti gli impianti, agevolasse le operazioni di posa in opera, manutenzione, sostituzione, disassemblaggio.

Per ottenere una rapida valutazione della fattibilità tecnica sono stati organizzati workshop di progettazione con lo scopo di selezionare materiali, elementi e componenti, nonché sviluppare la progettazione esecutiva del modulo.

Mentre il prototipo è stato assemblato si sono rese necessarie alcune modifiche alle ipotesi preliminari, per l'ottimizzazione della soluzione. La realizzazione di un prototipo in scala reale 1:1 del modulo, in cui è stato simulato anche l'alloggiamento dei componenti impiantistici ha consentito infine di analizzare e verificare i punti forti e criticità del sistema tecnologico-costruttivo-morfo-

the potential for implementation of the research tangible. Numerous examples of this approach to technological design have been developed as part of experimental research and master of science thesis.

Production prototypes

Production prototypes are used in the technological development of new solutions. They are designed to verify performance, make changes and improvements, through the realisation of the final prototype destined to the market and mass production. So they are part of business-oriented research and development activities, conducted internally (internalised R&D) or carried out by an external research body on behalf of the company (outsourced R&D).

An example of a production prototype, developed on the basis of internalised

R&D activities is GRE_EN_Stand alone – a "vegetated" furnishing element – developed by Growing Green srl, an academic spin-off of Politecnico di Torino.

On the basis of the results achieved in an industrial development and experimental research project⁴, aimed at the production of a vegetated and environmentally friendly modular panel (Serra *et al.*, 2017), the prototype extends the study from the single panel to an integrated and multifunctional technological system to be used as a partition for indoor environments.

GRE_EN_Stand alone is an independent system from the structural and systems point of view, flexible, transformable and on wheels: on one hand, it is a vegetated wall, on the other, it is equipped furniture.

The system combines the advantages of a vegetated wall (dilution of pollutants,

logico ed impiantistico (*comprendere*), di individuare le azioni correttive necessarie nelle successive fasi di industrializzazione del modulo (*esplorare*), di trasmettere gli indirizzi strategici dell'azienda con una testimonianza fisica (*comunicare*) (Fig. 4). La prototipazione sperimentale trova una ampia applicazione nell'ambito dei temi di ricerca legati al *superuse* e *upcycling* di materiali di scarto. In questo contesto la sperimentazione, l'attività di laboratorio *hands-on*, vede coinvolti ricercatori e studenti nello sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative per l'edilizia a partire dalla caratterizzazione di scarti provenienti da altri settori (scarti tessili, scarti agricoli, per esempio). La realizzazione di mockup consente infatti di *capire* il mix design ottimale in termini di materiali e le caratteristiche di lavorabilità; di *esplorare* nuove soluzioni tecnologiche, di *comunicare* con le aziende coinvolte, rendendo tangibili le potenzialità di implementazione della ricerca. Numerosi sono gli esempi di questo approccio alla progettazione tecnologica sviluppati nell'ambito di ricerche sperimentali e di tesi di laurea magistrale.

Prototipi di produzione

I prototipi di produzione sono utilizzati nell'ambito dello sviluppo tecnologico di nuove soluzioni. Sono finalizzati a verificare prestazioni, effettuare modifiche e perfezionamenti, fino alla realizzazione del prototipo definitivo destinato all'immissione sul

mercato e alla produzione in serie.

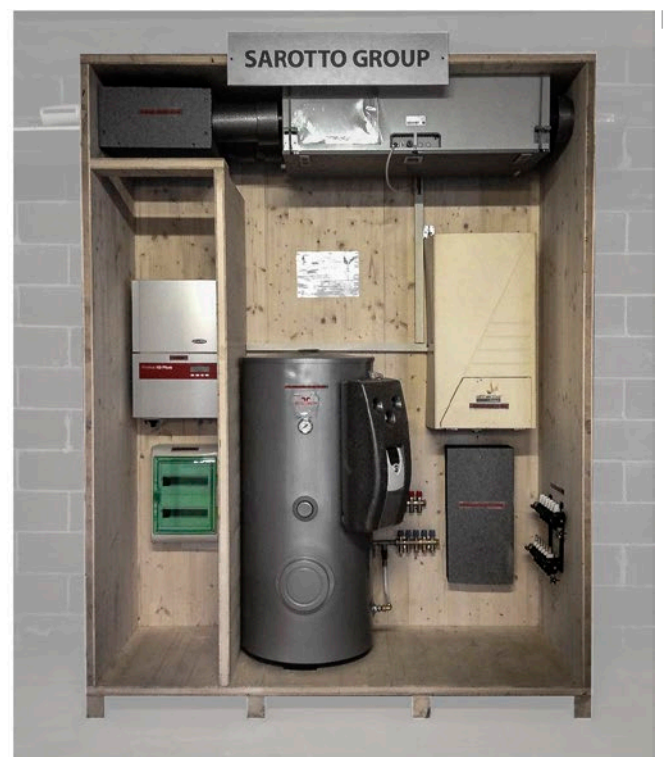
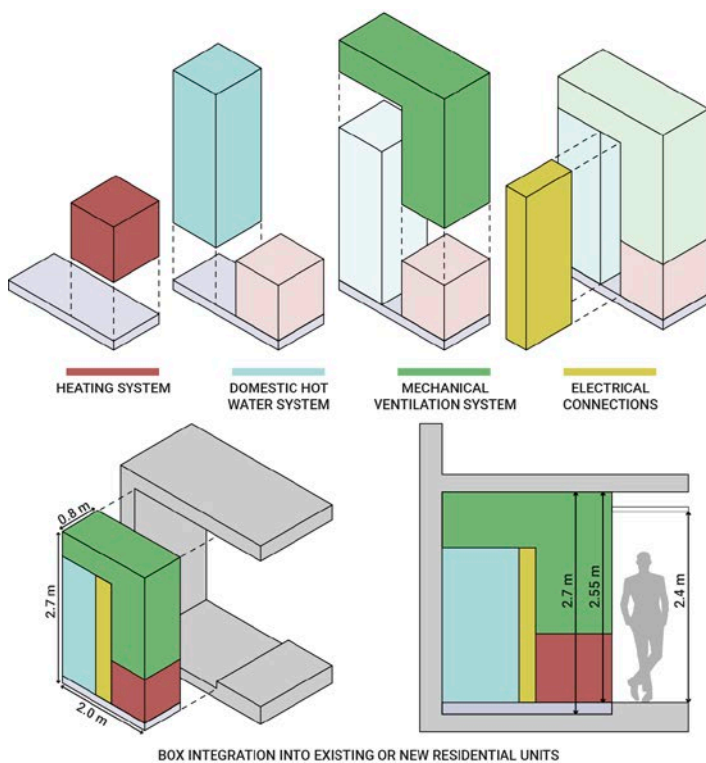
Fanno quindi parte di attività di ricerca e sviluppo orientate al business, condotte internamente all'azienda (R&D internalizzata) oppure svolte da un ente di ricerca esterno per conto dell'azienda (R&D esternalizzata).

Un esempio di prototipo di produzione, sviluppato a partire da attività di R&D internalizzata, è GRE_EN_Stand alone – elemento d'arredo “vegetato” – sviluppato dalla start up Growing Green srl, Spin Off accademico dal Politecnico di Torino.

Sulla base dei risultati raggiunti in un progetto di sviluppo industriale e ricerca sperimentale⁴, finalizzato alla realizzazione di un pannello modulare vegetato ed ecocompatibile (Serra *et al.*, 2017), il prototipo estende lo studio dal singolo pannello a un sistema tecnologico integrato e multifunzionale da utilizzare come divisorio per ambiente indoor.

GRE_EN_Stand alone è dunque un sistema autonomo dal punto di vista strutturale e impiantistico, flessibile, trasformabile e su ruote: da un lato è parete vegetata, dall'altro è arredo attrezzato. Il sistema unisce i vantaggi di una parete vegetata (diluizione inquinanti, fonoassorbimento, benessere psicoemotivo dovuto alla prossimità con la natura) a quelli di un arredo plurifunzionale (contenimento, esposizione di oggetti, separazione di spazi).

Le ragioni che giustificano lo sviluppo di un prototipo di produzione sono riferite essenzialmente a esigenze di mercato. Nel



caso di GRE_EN_Stand alone, esse sono riconducibili a: esigenza di flessibilità e trasformabilità degli spazi tipica dell'architettura contemporanea; esigenza di comfort in ambiente indoor, luogo in cui si trascorre oltre il 90% del tempo; domanda di *green technologies* e assenza di prodotti analoghi in commercio.

I prototipi di produzione sono il risultato di un approccio metodologico ciclico/iterativo di *design - prototyping - testing - implementation*, in cui i feedback ottenuti diventano strumento e guida per il miglioramento delle prestazioni e l'ottimizzazione del prodotto. In GRE_EN_Stand alone, la fase di *design* si è focalizzata sullo studio integrato dei requisiti:

- tecnologici (morfologici, dimensionali e funzionali, sulla base di criteri di modularità, multifunzionalità e trasportabilità; disassemblabilità di elementi e componenti, reversibilità delle connessioni, ispezionabilità degli impianti e delle dotazioni; ecocompatibilità dei materiali);
- impiantistici (autonomia impiantistica, riduzione dei consumi elettrici e idrici, riciclaggio dell'acqua di irrigazione, agevole manutenzione);
- agronomici (velocità di accrescimento, scarse esigenze idriche e di manutenzione, effetto tappezzante, diluizione di Composti Organici Volatili, piante edibili e/o con fioritura).

Sulla base dei requisiti individuati, è stato sviluppato il concept, prima, e il progetto esecutivo, poi, di diverse configurazioni di GRE_EN_Stand alone. Nei prototipi di produzione il progetto esecutivo riveste infatti un ruolo centrale ai fini dell'industrializzazione, sia in relazione al "progetto del prodotto" sia in relazione al "progetto del processo".

Nella fase di *prototyping and testing* sono stati realizzati più prototipi; in particolare sono stati testati diversi tipi di impianti di

sound absorption, psycho-emotional well-being due to its proximity to nature) with those of multi-functional furnishing (storage, display, separation of spaces).

The reasons that justify the development of a production prototype relate essentially to market demands. In the case of GRE_EN_Stand alone, these can be traced back to the need for flexibility and transformability of the spaces typical of contemporary architecture; the need for comfort in an indoor environment, a place where more than 90% of time is spent; the demand for green technologies and the absence of similar products on the market.

Production prototypes are the result of a cyclic/iterative methodological approach to design - prototyping - testing - implementation, in which the feedback obtained becomes a tool and a guide for improving performance and

optimising the product. In GRE_EN_Stand alone, the design phase focused on the integrated study of the following requirements:

- technological (morphological, dimensional and functional, based on criteria of modularity, multifunctionality and transportability; disassembly of elements and components, reversibility of connections, inspection of systems and equipment; eco-compatibility of materials);
- for service installations (system autonomy, reduction of electricity and water consumption, recycling of irrigation water, easy maintenance);
- agronomic (speed of growth, low water and maintenance requirements, endless pattern, dilution of Volatile Organic Compounds, edible and/or flowering plants).

On the basis of the requirements iden-

tified, the concept was developed first and then followed by the executive design of different configurations of GRE_EN_Stand alone. Executive design plays a central role in production prototypes for the purposes of industrialisation, both in relation to "product design" and "process design". Several prototypes were made in the prototyping and testing phase; in particular, different types of irrigation systems were tested (in relation to the characteristics of the pump, the main and secondary lines and the drip trays) and different types of plants were tested (for the duration of the vegetative cycle). These included ornamental and aromatic plants. One of the main aims of the implementation phase was to obtain a solution with a 100% plant survival rate after rooting. Another fundamental goal of the implementation was to develop a catalogue of solutions (different vegetate-

equipped combinations) on which to base marketing actions (Fig. 5). On the basis of an effective solution from the point of view of vegetation growth, the technological integration of elements and components capable of characterising the opposite face and guaranteeing a different use depending on the function was developed. In order to protect the intellectual property and enhance technological innovation, the final prototype of GRE_EN_Stand alone was patented. Production prototypes are often patented; the patent is considered a real intangible business asset, which allows the protection of investments in innovation and research, protecting industrial property, and the enhancement of their economic value through the management of user rights.

Conclusioni

Lo studio mostra come, nelle varie fasi del processo di prototipazione, il prototipo possa essere utilizzato come vero e proprio strumento di progettazione per coadiuvare il passaggio concettuale e di scala compreso tra l'ambito ideativo e quello realizzativo e come strumento per gestire la complessità del progetto tecnologico.

Lo studio mostra come, nelle varie fasi del processo di prototipazione, il prototipo possa essere utilizzato come vero e proprio strumento di progettazione per coadiuvare il passaggio concettuale e di scala compreso tra l'ambito ideativo e quello realizzativo e come strumento per gestire la complessità del progetto tecnologico.



Le esperienze illustrate dimostrano che, dal punto di vista didattico, il *design build* stimola il coinvolgimento degli studenti e il pensiero critico, indirizzando le attività di *problem solving* e *decision making*.

In ambito di ricerca, l'attività di prototipazione consente di trasferire la complessità progettuale in modelli in scala reale per analizzarne potenzialità e criticità tecnologiche e prestazionali, attraverso una modalità ciclica di prova, verifica e implementazione.

La prototipazione fisica infine assume un ruolo strategico nel trasferimento tecnologico, nel passaggio tra sperimentazione e

innovazione di prodotto, nel passaggio tra ricerca e industrializzazione.

In taluni ambiti del progettare la modellazione fisica dunque assume e può assumere un ruolo strategico affatto ancillare o subalterno a quello della modellazione virtuale. L'una, ovviamente non esclude l'altra e le due possono coesistere ciascuna con le proprie peculiarità.

La prototipazione è qui da intendere come capacità di indirizzare e innovare il processo edilizio, specie nella fase esecutiva, contribuendo a comporre la sintassi complessiva del progetto. Provocare, sperimentare e produrre prefigurano uno scenario

Conclusion

The study shows how, in the various phases of the prototyping process, the prototype can be used as an effective tool to assist the conceptual transition and scale between concept and construction, and as a tool to manage the complexity of the technological project. The experiences mentioned show that, from the didactic point of view, the design build approach stimulates the involvement of students and critical thinking, directing problem-solving and decision-making activities. In the field of research, prototyping allows the transfer of the design complexity to full-scale models to analyse potential and critical technological and performance issues, using a cyclical method for testing, verification and implementation.

And last but not least, physical prototyping plays a strategic role in tech-

nological transfer, in the transition between experimentation and product innovation, and in the transition between research and industrialisation.

In some areas of design, physical modelling can and does take on a strategic role that is not ancillary or subordinate to that of virtual modelling. One, of course, does not exclude the other and the two can coexist, each with its own particular characteristics. Prototyping is understood here as the ability to direct and innovate the construction process, especially in the execution phase, helping to compose the overall syntax of the project.

Provoking, experimenting and producing prefigure a scenario within which to rework and update the art – inspired by Semper's tectonics – with which to compose the parts of the building. A scenario in which the physical model is the expression of

applied research, the formation of a critical thought and, obviously, the production of the design.

Authors' contributions

The article was written by the authors in equal parts.

NOTES

¹ Convegno Internazionale SITDA "La produzione del progetto"; Sessione 2: Qualità del Progetto, Qualità della Costruzione, Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018.

² #AM6, workshop funded within the scope of Progettualità Studentesca 2017 by Politecnico di Torino.

³ MOTE², Feasibility study financed under the 2007/2013 ERDF ROPs.

⁴ GRE_EN_S, Industrial research and experimental development project funded within the framework of POR FESR 2007/2013.

all'interno del quale rielaborare e attualizzare l'arte – ispirata alla tettonica di Semper – con cui comporre le parti della costruzione. Uno scenario nel quale il modello fisico è espressione della ricerca applicata, della formazione di un pensiero critico e, ovviamente, della produzione del progetto.

CONTRIBUTO DEGLI AUTORI

L'articolo è stato scritto in parti uguali dagli autori.

NOTE

¹ Convegno Internazionale SITDA “La produzione del progetto”; Sessione 2: Qualità del Progetto, Qualità della Costruzione, Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018.

² #AM6, workshop finanziato nell'ambito della Progettualità Studentesca 2017 dal Politecnico di Torino.

³ MOTE², Studio di fattibilità finanziato nell'ambito dei POR FESR 2007/2013.

⁴ GRE_EN_S, Progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale finanziato nell'ambito dei POR FESR 2007/2013.

REFERENCES

Chiesa, G. (2017), “La prassi progettuale esplicito-digitale e l'approccio pre-stazionale”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 236-242.

Boer, L. and Donovan, J. (2012), “Prototypes for participatory innovation”, *Proceeding of the designing interactive systems conference*, DIS'12, pp. 388-397.

Buchenau, M. and Suri, J.F. (2000), “Experience prototyping”, *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, ACM, pp. 424-433.

Falotico, A. (2017), “Cultura del progetto e cultura del fare. L'approccio digitale come dimensione innovativa di processo”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 143-150.

Folić, B., Kosanović, S., Glažar, T. and Fikfak, A. (2016), “Design-Build Concept In Architectural Education”, *Architecture and Urban Planning*, Vol. 11(1), pp. 49-55.

Lim, Y.K., Stolterman, E. and Tenenberg, J. (2008), “The anatomy of prototypes: Prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 15(2), p. 7.

Neuckermans, H. (2017), “La progettazione architettonica nell'era della tecnologia”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 33-37.

Paris, S. (2017), “Il rinnovamento della cultura tecnologica nel progetto, tra nuova tettonica e tecnologie digitali. Scenari internazionali dell'insegnamento e della ricerca”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 194-203.

Poore, J. and Nemecek, T. (2018), “Reducing food's environmental impacts through producers and consumers”, *Science*, Vol. 360 (6392), pp. 987-992.

Ruecker, S. (2015), “A brief taxonomy of prototypes for the digital humanities”, *Scholarly and Research Communication*, 6.2.

Serra, V., Bianco, L., Candelari, E., Giordano, R., Montacchini, E., Tedesco, S., Larcher, F. and Schiavi, A. (2017), “A novel vertical greenery module system for building envelopes: The results and outcomes of a multidisciplinary research project”, *Energy and Buildings*, Vol. 146, pp. 333-352.

Tronvoll, S.A., Elverum, C. W. and Welo, T. (2017), “Prototype experiments: strategies and trade-offs”, *Procedia CIRP*, Vol. 60, pp. 554-559.

Eppinger, S.D. and Ulrich, K.T. (2012), *Product design and development*, fifth edition, McGraw-Hill, New York, USA, pp. 289-309.

Giuseppe De Giovanni, Cesare Sposito,
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Palermo, Italia

giuseppe.degiovanni@unipa.it
cesare.sposito@unipa.it

Abstract. Il presente saggio offre un momento di riflessione critica sul dettaglio architettonico indagandone le potenzialità espressive e comunicative quando restituisce la prima idea del progettista o quando, come elemento o componente, concorre alla strutturazione e alla caratterizzazione dell'opera. Attraverso la letteratura di riferimento, l'uso diffuso delle tecnologie digitali e le più recenti ricerche sul tema, si approfondiranno i ruoli e le criticità che il dettaglio ha come interfaccia per la comprensione dell'intero sistema costruttivo e per la caratterizzazione delle architetture nel prossimo futuro.

Parole chiave: Ideazione; Disegno del dettaglio; Progettazione digitale; Materiali; Innovazione.

Se in Architettura il disegno «non è solo un documento che raccoglie dati e informazioni specifiche, ma reca inevitabilmente l'impronta dello stile e della personalità dell'autore, oltre a quella dell'epoca e del luogo in cui egli opera» (Ackerman, 2003), il disegno del dettaglio ne svela la natura, i suoi artifici, per conoscerne le parti che la compongono, per analizzarle, per poterle comprendere ed eventualmente modificarle o ripararle. Dello stesso parere è Franca Helg quando sottolinea come «Il disegno è lo strumento specifico, lo strumento principe del fare architettura: [...] esprime già il primo barlume di un'idea, ma poi, via via il pensiero si precisa. Si definisce. Si sostanzia. [...] Mediante il disegno si precisa il proprio pensiero, si trasmettono agli altri le proprie intenzioni, si controlla l'aspetto formale, si verifica l'eseguibilità. Il disegno comprende l'insieme ed il dettaglio» (Clemente, 2008).

Il disegno ha quindi la capacità di trasferire ciò che il pensiero elabora in visione, alla ricerca delle possibili soluzioni tecnologiche e tecniche per realizzare un manufatto o un prodotto, racchiudendo nella sua essenzialità la cultura tecnologica (poiesis) che il progettista ha maturato durante la sua esperienza. Un

Master's details. From hand-made drawing of the great masters to the digital drawing of Starchitects

Abstract. This essay offers a moment of critical reflection on architectural detail by investigating its expressive and communicative potential when it shows the first idea of the designer or when it contributes to the structuring and characterization of the work, as an element or component. Through the reference literature, the widespread use of digital technologies and the most recent research on the subject, we will deepen the roles and critical issues of the detail as an interface for understanding the whole building system and for the characterization of architecture in the near future.

Keywords: Creation; Detail drawing; Digital planning; Materials; Innovation.

If in Architecture, the drawing «is not just a document that collects specific data and information, but it inevitably

example of such evocative capacity is riscontrabile nel designer milanese Angelo Mangiarotti, che nella sua lunga carriera ha sempre disegnato, ritenendo che tale pratica rappresenti il solo strumento per la prima verifica di ciò che costituisce per il progettista il bagaglio della conoscenza materica dell'Architettura. Per Mangiarotti infatti il disegno non è solo una trasmissione dell'idea, ma in esso si devono potere leggere anche parametri di correttezza formale, materica, tecnica e storica: «Disegni che con acume raccontano [...] Forme e soluzioni tecniche trovate ragionando sulle caratteristiche di un materiale, di volta in volta sondato in profondità, radiografato, trovando piacere nel sviscerarne e comprenderne qualità ma anche individuandone carenze e difetti» (Finessi, 2002).

Oggi assistiamo a un cambio di paradigma nell'Architettura e a una trasformazione della pratica contemporanea, che vede il disegno sostituito sempre più spesso da strumenti digitali e una sempre maggiore specializzazione fra gli operatori del progetto esecutivo, con distinzione di ruoli fra i progettisti della forma e gli ingegneri del dettaglio. Infatti, nella prassi contemporanea se il principale campo di interesse dell'Architettura è la funzione "sociale" di un edificio, gli architetti sono chiamati prevalentemente a dare risposte formali alla complessità delle relazioni con i contesti urbani in cui s'insedia, privilegiando le geometrie articolate o «curvature modulate e transizioni di gradiente» (Schumacher, 2014) e delegandone gli sviluppi tecnico-esecutivi agli ingegneri o agli operatori specializzati.

Alla luce di quanto sopra il presente saggio si propone come momento di riflessione critica sul dettaglio architettonico, indagandone le potenzialità espressive e comunicative quando restituisce la prima idea del progettista o quando, come elemento o

bears the imprint both of its author's style and personality, and of the age and place in which he works» (Ackerman, 2003) the detail drawing reveals Architecture's nature, its artifices, to know its components, to analyse them, to be able to understand and eventually modify or repair them. Franca Helg is of the same opinion when she underlines how «drawing is the specific instrument, the main instrument to create architecture: [...] it already shows the first glimmer of an idea that then gradually becomes precise. It is defined. It takes form. [...] Through drawing we define our own thoughts, we show our intentions to others, we control its formal aspect, we check its feasibility. The drawing includes the ensamble and the detail» (Clemente, 2008).

Therefore, the drawing has the ability to transfer what our thought processes

into vision, looking for possible technological and technical solutions to create an artifact or a product, including in its essence the technological culture (poiesis) that the designer has developed during his experience. An example of this evocative ability is to be found in the work of the designer Angelo Mangiarotti from Milan. In his long career, he has always drawn, believing that this practice represents the only tool for the first test of what constitutes the baggage of the material knowledge of Architecture for the designer. In fact, according to Mangiarotti, drawing does not only transmit an idea, but it must also bear parameters of formal, material, technical and historical correctness: «Drawings that acutely illustrate [...] shapes and technical solutions found by reasoning on the characteristics of a material, deeply analysed time after time, ra-

01 |



diographed, enjoying turning it inside down and understanding its quality but also identifying deficiencies and defects» (Finessi, 2002).

Today we are witnessing a change of paradigm in Architecture and a transformation of contemporary practice. The drawing is increasingly replaced by digital tools and the operators of the detailed design are increasingly specializing, by separating the roles between the designers of the form and detail engineers. In fact, in the modern practice, if Architecture's main field of interest is the "social" purpose of a building, architects are mainly asked to give formal answers to the complex relations with its urban contexts, favouring well-structured geometries or «modulated curvatures and gradient transitions» (Schumacher, 2014) and delegating technical-executive developments to engineers or specialized

operators.

In light of the above, this essay aims to be a moment of critical reflection on architectural detail by investigating its expressive and communicative potential when it shows the first idea of the designer or when it contributes to the structuring and characterization of the work, as an element or component. In particular, through the reference literature, the ideas of some influential representatives of modern and contemporary architecture, the widespread use of digital technologies and the most recent research on the subject. We will deepen the roles and critical issues that the detail, on the one hand, had and still has as an interface for understanding the whole building system and, on the other, might have in the characterization of architecture in the near future.

About Detail

The transition from the idea to the sketch and finally to the detail is a fundamental step in the evolution of a project. The detail is already in the project, during creation: the more a sketch is exhaustive and comprehensible in its graphic information, the more the project will be coherent, correct and achievable, and its details will be thought and reasoned. In Architecture, "to detail" means "entering into" the nature of artifices, knowing their parts, analysing them in order to understand them. The increasing complexity of the architectural artifact raises the need to break it down, to know it in the depths of its components, to manage and control them. The "detail" is not written, it is only graphic, it must always be drawn, represented, illustrated and the little written information is only a caption, to better explain the parts

that make up that specific detail. In this regard, Chiara Visentin (2011) underlines that interpreting Architecture from its detail, means knowing it in its most sophisticated essence, not necessarily only in the technological conception: for example, the handle of the door of the Town Hall of Säynätsalo (1952) by Alvar Aalto is not a paradigm of the building because there is nothing similar to it in its form or materials, but it is recognizable as it is connected to the poetic motif of its furniture or the other handles.

However, many contemporary designers (such as Lynn and Koolhaas) consider the detail almost "unnecessary", "useless" or "unwanted" while others, like Zaha Hadid, express perplexity about its role: «I don't understand the concern for details in a European sense – an excessively obsessive idea. But on the other hand, if you want to

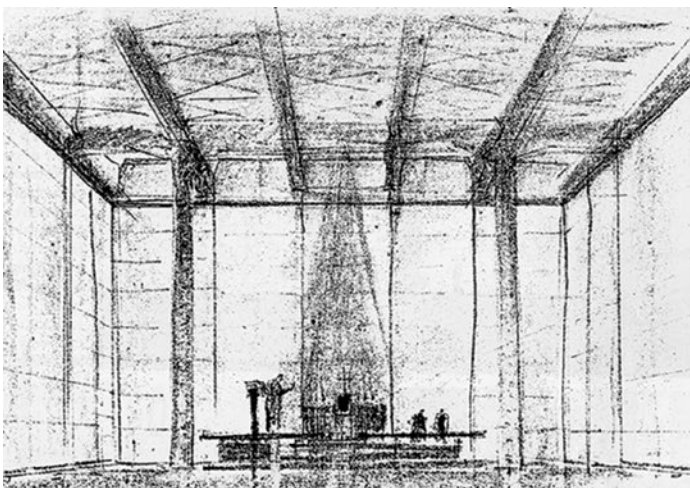
componente, concorre alla strutturazione e alla caratterizzazione dell'opera. Nello specifico, attraverso la letteratura di riferimento, la visione di alcuni autorevoli rappresentanti dell'architettura moderna e contemporanea, l'uso diffuso delle tecnologie digitali e le più recenti ricerche sul tema si approfondiranno ruoli e criticità che il dettaglio da un lato ha avuto e ha tutt'oggi come interfaccia per la comprensione dell'intero sistema costruttivo, dall'altro potrà avere nella caratterizzazione delle architetture del prossimo futuro.

Sul dettaglio

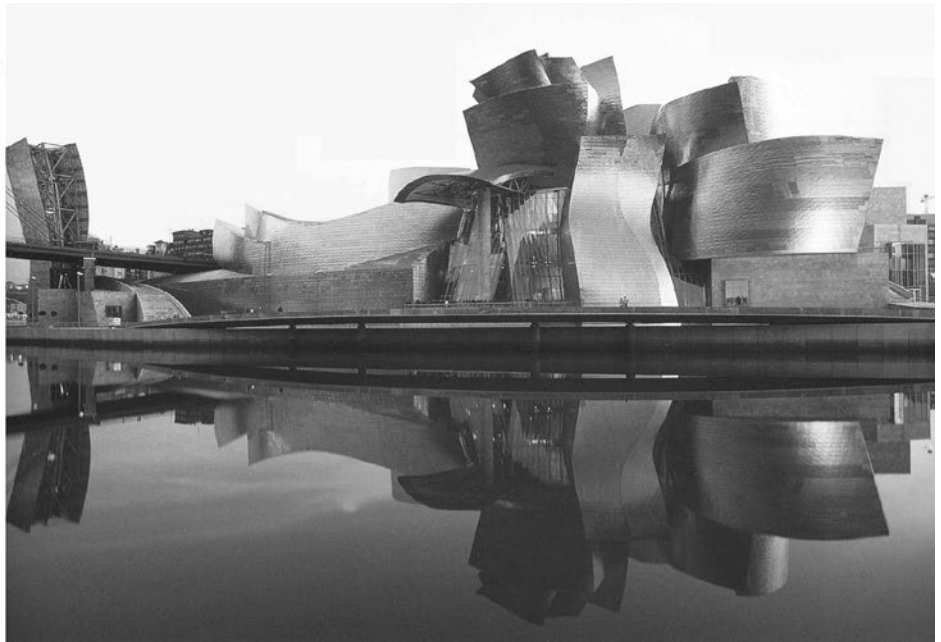
Il passaggio dall'idea allo schizzo e infine al dettaglio è fase indispensabile nel processo di evoluzione del progetto. Il dettaglio nasce già nel progetto, nell'atto dell'ideazione: più uno schizzo sarà esaustivo e comprensibile nelle sue informazioni grafiche, più il progetto risulterà coerente, corretto e realizzabile, e i suoi dettagli pensati e ragionati. In Architettura "dettagliare" significa 'entrare dentro' la natura degli artifici, conoscerne le parti, analizzarle per poterle comprendere: con l'aumentare della complessità del manufatto architettonico cresce anche la necessità di scomporlo, conoscerlo nell'intimo dei suoi componenti, per poterli anche gestire e controllare. Il "dettaglio" non è scritto, è solo grafico, deve essere sempre disegnato, rappresentato, illustrato e le poche informazioni scritte sono solo didascaliche, per una migliore esplicitazione delle parti che costituiscono quel determinato particolare. A tal proposito, Chiara Visentin (2011) sottolinea che interpretare l'Architettura dal suo dettaglio vuol dire riconoscerla nella sua essenza più sofisticata, non necessariamente solo nella concezione tecnologica: ad esempio, la maniglia della porta del Municipio di Säynätsalo (1952) di Alvar

Aalto non è un paradigma dell'edificio perché non vi è nulla di simile nella forma o nel materiale, ma è riconoscibile in quanto si collega al motivo poetico dei suoi mobili o delle altre maniglie. Tuttavia molti progettisti contemporanei (come Lynn e Koolhaas) ritengono il dettaglio quasi "superfluo", "inutile" o "indesiderato" mentre altri, come Zaha Hadid, esprimono perplessità sul suo ruolo: «Non capisco la preoccupazione per i dettagli in senso europeo – questa idea troppo ossessiva. Ma d'altra parte, se si vuole fare un edificio moderno veramente buono, allora il lavoro deve essere molto ben dettagliato [...] Mi sono resa conto che dovevo inventare un nuovo linguaggio per disegnare e dipingere, per reinventare alcuni metodi di dettaglio per far sembrare che non ci siano dettagli» (Middleton, 1996). Altri ancora, come Peter Rice (1994), individuano nel "giunto" il luogo principe del dettaglio, esemplificando tale concetto facendo riferimento al Centro Pompidou di Piano e Rogers: «Rendere il giunto l'essenza della soluzione ha espresso in modo conciso lo spirito che volevamo trasmettere [...]. Spesso è l'espressività della giunzione che umanizza le strutture conferendogli una sensazione di amicizia».

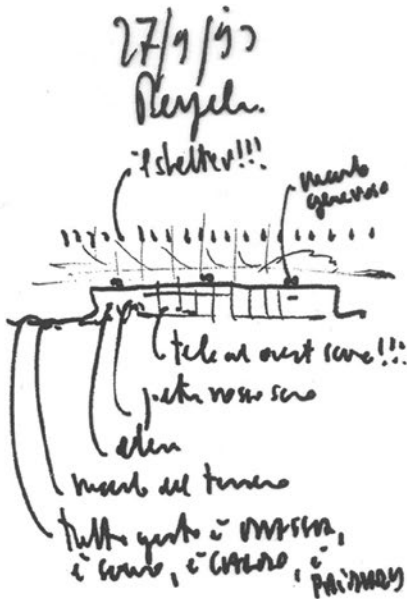
Allora, se il processo attuativo interessa un approccio pratico oltre che teorico, l'analisi di un particolare 'luogo esecutivo', definibile come "nodo", porterà a una maggiore e migliore comprensione dell'intero processo e del progetto di architettura. Il "giunto" o "nodo" o "articolazione" fornirà informazioni tecnologiche e prestazionali sulla sua natura e sulla sua funzione, in relazione alla totalità architettonica cui appartiene. Il "nodo" diviene così luogo di verifica dove è possibile individuare se un progetto è coerente in tutti i suoi aspetti, che vanno dall'architettura al costruito, dalla funzionalità all'estetica. Si pensi ai pilastri cru-



03 |



04 |



make a really good modern building, then the work must be very well detailed [...] I realized that I had to invent a new language for drawing and painting, to reinvent some detail methods to make as if there are no details» (Middleton, 1996). Others, as Peter Rice (1994), identify in the ‘joint’ the principal point of the detail, explaining this concept by referring to the Pompidou Centre of Piano and Rogers: «Making the joint the essence of the solution briefly expressed the spirit we wanted to convey. [...] Often it is the expres-

siveness of the jointing which humanizes the structures, and gives them their friendly feel». Then, if the implementation process involves both a practical and a theoretical approach, the analysis of a particular ‘executive site’, defined as a ‘joint’, will lead to a greater and better understanding of the whole process and of the architectural project. The different types of ‘joint’ will provide technological and performance information on its nature and its function, in relation to the architectural complex to which

it belongs. The ‘joint’ becomes a testing point where it is possible to identify whether a project is coherent in all its aspects, ranging from architecture to the building, from functionality to aesthetics. Think of the cruciform pillars by Mies van der Rohe for his Pavilion at the 1929 International Exposition in Barcelona or for the Tugendhat House in Brno in 1930. Think of the structural glass panels by Peter Rice for the bioclimatic greenhouses of La Villette in Paris (1980-1986), and earlier, of the pointed arch structures of

Gothic cathedrals, the vaults of Roman architecture, the Greek columns and architraves. Therefore, the ‘executive detail’ cannot be considered purely as a technical terminal phase in the design process, which takes over as control and verification on an appropriate scale of the project, but must proceed in parallel from the first design approaches, from the conceptual phase, from the first sketch. It is often a ‘technological joint’ to give life to a great work: the intuition found in a joint, in the inter-

ciformi di Mies van der Rohe per il Padiglione all'Esposizione Internazionale di Barcellona del 1929 o per la Casa Tugendhat a Brno del 1930, alle vetrate strutturali di Peter Rice per le serre bioclimatiche de La Villette a Parigi (1980-1986) ma ancor prima alle strutture a sesto acuto delle cattedrali gotiche, alle volte dell'architettura romana, alle colonne e alle architravi greche.

Il "dettaglio esecutivo" non può essere, quindi, considerato nel processo progettuale una fase terminale puramente tecnica che subentra come controllo e verifica a scala opportuna di quanto progettato, ma deve procedere parallelamente fin dai primi approcci progettuali, fin dalla fase ideativa, fin dal primo schizzo. Spesso è un "nodo tecnologico" a dare vita a una grande opera: è l'intuizione ritrovata in un incastro, in un incrocio di parti ed elementi. Il designer, il più delle volte, disegna un "nodo" e poi l'insieme, per la sua innata necessità d'indagare la propria idea prima alla piccola scala, come se volesse verificare fin dall'inizio la capacità della sua intuizione. A tal proposito, nel 1985 Richard Rogers scriveva che ogni edificio deve seguire delle gerarchie attraverso la scomposizione in elementi e sotto-elementi organizzati gerarchicamente secondo un ordine chiaro e leggibile, tali da creare un vocabolario in cui ogni parte esprime il suo processo di produzione, conservazione, montaggio e smontaggio (Jencks e Krop, 1997).

È inoltre da rilevare come nella Storia della Tecnologia, prima della specializzazione e della razionalizzazione dell'era industriale, il "dettaglio esecutivo" e la locuzione "eseguito a perfetta regola d'arte" fossero patrimonio sia del costruttore sia del progettista: se al primo era demandata la responsabilità della realizzazione, il secondo ne conosceva a priori l'esito finale. Oggi, la distinzione che sempre più si sta creando fra progetto definitivo

section of parts and elements. Most of the time, the designer draws a "joint" and then the rest, for his innate need to investigate his own idea first on the small scale, as if he wanted to verify since the beginning the capacity of his intuition. In this regard, in 1985 Richard Rogers wrote that every building must follow hierarchies by breaking it down into elements and sub-elements hierarchically organized in a clear and understandable order, to create a vocabulary in which each part expresses its production, conservation, assembly and disassembly process (Jencks and Krop, 1997).

It should also be noted that in the History of Technology, before the specialization and rationalization of the industrial era, the "executive detail" and the sentence "executed in a workmanlike manner" were the heritage both of the builder and the designer. If the builder

had the responsibility for the implementation, the designer knew the final outcome from the start. Today, the increasing distinction between the final project and the detailed design seems to give to the details a subordinate position, accentuating the many critical issues of the design process that often «seem as inefficiencies attributable to three categories: organization, design management and design development» (Esposito and Bosi, 2018). They are caused by factors that can act at the same time, such as the insufficient preliminary definition of objectives and requirements, the inadequate communication within the technical team or the lack of human and financial resources optimization during the different project's development and implementation stages. Moreover, there are other factors such as the standard to respect, the contractual aspects and

e progetto esecutivo sembra porre i dettagli in una posizione subordinata, accentuando le numerose criticità presenti nel processo di progettazione che spesso «si riflettono come inefficienze riconducibili a tre categorie: organizzative, di gestione della progettazione e di sviluppo della progettazione» (Esposito e Bosi, 2018). Esse sono causate da fattori che possono agire in concomitanza, come l'insufficiente definizione preliminare di obiettivi e di requisiti, l'inadeguata comunicazione all'interno del team tecnico o la mancata ottimizzazione delle risorse umane e finanziarie durante le diverse fasi del processo. A ciò si aggiungono altri fattori come le norme da rispettare, gli aspetti contrattuali e i requisiti di qualità che possono influenzare i dettagli a tal punto da compromettere un intero progetto: un eclatante esempio è costituito dalla querelle giudiziaria sorta durante la realizzazione dell'Auditorium di Roma (1995-2002) progettato da Renzo Piano e caratterizzato da soluzioni architettoniche innovative ma prive di dettagli esecutivi adeguati, dissimulati come oneri di cantierizzazione a totale carico dell'impresa esecutrice (Sposito, 2005).

Tecnologie digitali e governo del progetto

favorendo soluzioni adeguate alla complessità formale e organizzativa delle nuove architetture contemporanee, determinando cambiamenti senza precedenti anche nei processi di progettazione e di fabbricazione (Oxman, 2017): trasformazione dei processi, progettazione digitale (algoritmica, parametrica e generativa) basata sulle prestazioni, BIM, simulazioni con realtà virtuale e aumentata, fabbricazione digitale e nuovi metodi di costruzione

In risposta alle criticità segnalate, le innovazioni e gli sviluppi nelle tecnologie digitali stanno

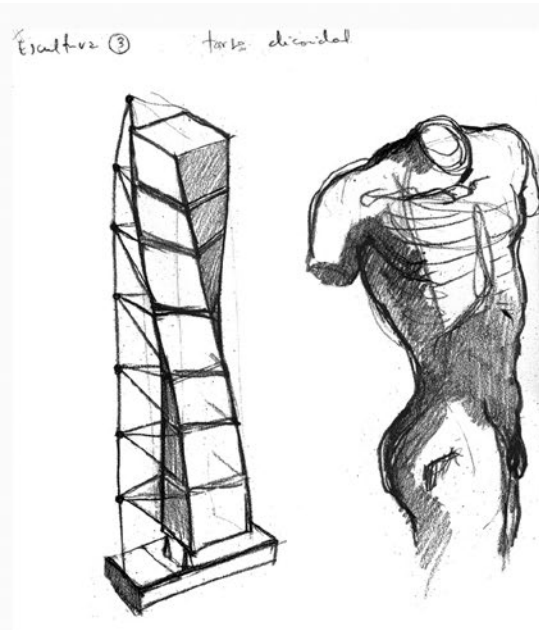
the quality requirements that can affect the details causing the jeopardy of an entire project: a striking example is the judicial controversy that arose during the construction of the Rome Auditorium (1995-2002) designed by Renzo Piano and characterized by innovative architectural solutions but lacking adequate executive details, disguised as construction site charges to be fully charged to the contracting company (Sposito, 2005).

Digital Technologies and Project Management

In response to the reported critical issues, innovations and digital technology developments are supporting solutions suited to the formal and organizational complexity of new contemporary architectures, leading to unprecedented changes even in the design and manufacturing processes

(Oxman, 2017). Transformation of processes, digital design (algorithmic, parametric and generative) based on performance, BIM, simulations with virtual and augmented reality, digital manufacturing and new construction methods contribute to a paradigm shift in Architecture and a transformation of contemporary practice (Lerner, 2012). Digital tools are proving to be decisive – compared to the past decades in which the representation of an architectural design was developed with manual elaborations that included many descriptive and scale projects – to bridge the gap between visual representation and construction technology. This happens thanks to the possibility of correctly representing complex geometries, to pass in a more direct and fast way to the three-dimensional verification already in the conceptual phase (Marsault, 2017) and

05 |



06 |



to eliminate the inefficiencies and errors that usually appear while passing from the detailed design to its implementation.

Although the new tools are more demanding than the traditional ones and require a capacity and an awareness that the operators of the sector do not always have, it is undisputed that the joint use of digital design and manufacturing – also thanks to the increasingly user-friendly software interfaces (Ajla, 2016) – provides new and impressive support to the designer to explore the limits of matter and form, opening up new possibilities for the conception and realization of architecture and its details. In fact, regardless of the type, size or complexity of the artefacts, the aforementioned functionalities allow

to repeat conceptual approaches or to study and evaluate in real time different design and construction solutions within the limits of size and tolerance of the current manufacturing tools. The two following examples help to understand these working methods. In the first case, the drawing is necessary only in the conceptual phase, since its production is translated into bits and entrusted to robots. In the second case, it is fundamental for all the creative, design and realization phases, as the canonical operators of the building process are involved.

The Institute for Computational Design (ICD) of the University of Stuttgart in collaboration with the Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) have explored the po-

tential of an integrated approach between parametric design and digital manufacturing for the construction of light structures, trying to apply it to the small *ICD/ITKE 2013-2014 Research Pavilion*. The biomimetic structure was built with a polymeric matrix material with a double-layer glass and carbon fibre, connected by curved support elements to strengthen the support and allow greater geometric freedom. While conventional manufacturing methods for fibre composite systems require the moulds, the Pavilion was built with just two six-axis industrial robots facing each other that have woven a series of 32 irregular hexagonal modules also made of steel to be assembled.

In the *Louisiana State Museum and*

Sports Hall of Fame in Natchitoches (Trahan Architects, 2013), the rigid outer casing (with copper panels and horizontal plates for microclimate control) is in contrast with the entrance and the central space of the building atrium which are inspired by the geomorphology of the river thanks to molten stone elements with organic shapes. The geometric complexity of the interiors has required the use of BIM software, to better control the millimetric tolerances of the production (with moulds) and the assembly of the 1.100 stone panels, each one designed as a single component with unique dimensions and shape.

Therefore, there are many design methods that develop procedures supported by many tools and elabo-

contribuiscono a un cambio di paradigma nell'Architettura e una trasformazione della pratica contemporanea (Lerner, 2012). Gli strumenti digitali si stanno rivelando determinanti – rispetto ai passati decenni in cui la rappresentazione del progetto di architettura si sviluppava con elaborazioni manuali che prevedevano vari passaggi descrittivi e di scala – per colmare il divario fra rappresentazione visiva e tecnologia di costruzione, grazie alla possibilità di rappresentare correttamente geometrie complesse, di procedere in maniera più diretta e veloce alla verifica tridimensionale già nella fase ideativa (Marsault, 2017) e di eliminare le inefficienze e gli errori che solitamente si manifestano nel passaggio dal progetto esecutivo alla sua realizzazione.

Nonostante i nuovi strumenti siano più impegnativi rispetto a quelli tradizionali e richiedano una capacità e una consapevolezza che non sempre si riscontrano negli operatori del settore, è indiscusso che l'uso congiunto di progettazione e fabbricazione digitali – anche grazie alle interfacce dei software sempre più user-friendly (Ajla, 2016) – fornisca nuovi e formidabili supporti al progettista per esplorare i limiti di materia e forma, aprendo nuove possibilità all'ideazione e realizzazione tanto delle architetture quanto dei relativi dettagli. Infatti, indipendentemente dalla tipologia, dalla dimensione o dalla complessità dei manufatti, le citate funzionalità permettono di iterare approcci concettuali o di studiare e valutare in tempo reale soluzioni progettuali e realizzative differenti entro i limiti di dimensione e tolleranza degli attuali strumenti di fabbricazione. I due esempi che seguono contribuiscono alla comprensione di queste modalità operative: nel primo caso il disegno è necessario solo nella fase ideativa, essendo la realizzazione tradotta in bit e affidata ai robot; nel secondo è indispensabile in tutte le fasi ideativa, progettuale

ration techniques combinations with traditional and digital portrayal. Two of them represent the evolution of the design process of the last twenty years (Vanini, 2010). The first method, known as Reverse Modelling – which counts among its supporters Frank O. Gehry – establishes that the conception of the idea is returned, in the first place, in a traditional way, through paper sketches, and then through a three-dimensional physical model (the plastic), which is transformed into a digital model through a laser scanner. From that moment, the design evolution proceeds exclusively by digital means, sometimes supported by new physical models, up to the achievement of the final model, from which to obtain the two-dimensional final drawings, some of which are not necessary if the realization of the project is entrusted to numerical control machining. A sec-

ond design method requires that the form is conceived directly through the software, creating complex surfaces, difficult to represent with traditional geometry, to which specific functions can be assigned.

The difference between the two methods lies in the fact that the second does not allow the designer to really anticipate the work and in the new role he attributes to the drawing; it is declassified from “on going control” tool to “a subsequent control” tool, no longer following the entire process – from conception to execution – through graphically reproducible actions. When the drawing loses its role on the creation of the project idea, to hide in the numerical format of the computer language, then it appears the risk of “randomness” that transforms the designer into an unaware subject who does not fully understand the

e realizzativa, in quanto sono presenti gli operatori canonici del processo edilizio.

L'Institute for Computational Design (ICD) dell'Università di Stoccarda in collaborazione con l'Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) ha esplorato le potenzialità di un approccio integrato fra progettazione parametrica e fabbricazione digitale per la realizzazione di strutture leggere, sperimentandone l'applicazione nel piccolo *Padiglione di Ricerca ICD/ITKE 2013-2014*. La struttura, d'impronta biomimetica, è costituita da un materiale di matrice polimerica con fibra di vetro e di carbonio a doppio strato, collegato da elementi di supporto curvi per irrobustire il supporto e favorire maggiori libertà geometriche. Mentre i metodi di realizzazione convenzionali per i sistemi compositi di fibre richiedono la presenza di stampi, il Padiglione è stato realizzato con soli due robot industriali a sei assi posti uno di fronte all'altro che hanno tessuto una serie di 32 moduli esagonali irregolari e in acciaio da assemblare.

Nel *Louisiana State Museum e Sports Hall of Fame* a Natchitoches (Trahan Architects, 2013), in contrasto con il rigido involucro esterno (rivestito con pannelli di rame e lamelle orizzontali per il controllo del microclima) l'ingresso e lo spazio centrale dell'atrio s'ispirano alla geomorfologia del fiume grazie alla presenza di elementi in pietra fusa con forme organiche. La complessità geometrica degli interni, ha imposto l'utilizzo del BIM, per meglio controllare le tolleranze millimetriche della produzione (con stampi) e dell'assemblaggio dei 1.100 pannelli, ciascuno pensato come un componente unico, con dimensioni e forma diverse rispetto a tutti gli altri.

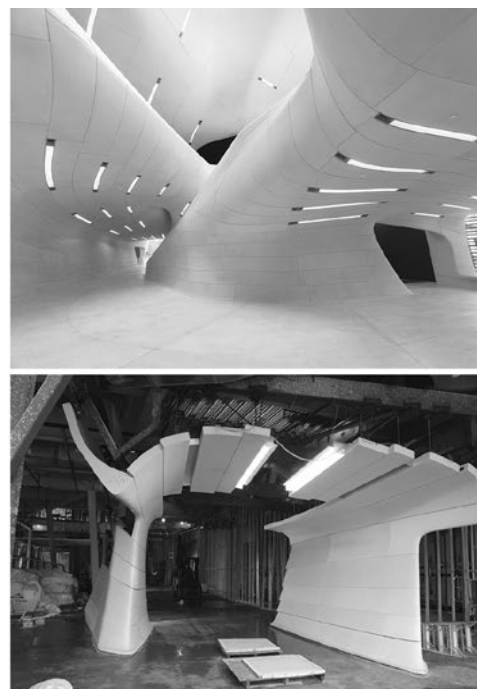
Diversi sono quindi i metodi progettuali impiegabili che a loro volta sviluppano procedimenti supportati da svariate combina-

formal transformations induced by the digital tool on his project, since the possibility of seeing the change is discontinuous and belongs to the future. Nevertheless, in practice, the infinite possibilities generated by new digital configuration techniques allow to find non-prefigured and random elements, often accepted as valid ideas for elaboration, giving the project, as Patrick Schumacher states (2004), a «productive indeterminacy».

It is clear that with the increasing design complexity in digital design it is difficult to separate the conceptual aspects from the representative ones, establishing a “symbiotic relationship” between them that does not allow to establish if the digital tool represents the real intentions of the designer or if the tool itself suggests the development of the project. Zaha Hadid, probably, provides an operational

solution. She suggests the need to integrate sketches and digital drawings: «While you're working on the drawing, it is possible to gradually reach a degree of conceptualization which is somehow missing in the computer rendering. [...] When drawing a perspective by hand you can decide that you want to show and edit out some other things. It's not about wire-framing» (Schumacher, 2004).

Zaha Hadid Architects' project for the *Dongdaemun Design Park and Plaza* façade in Seoul (2014) is one of the rare cases where, through continual control of the digital drawing, the desired project and detail definition is achieved. In the specific case, in fact, the tectonics of organic matrix is enhanced by the definition of the details through two technical solutions. First, through the mesh of the aluminium cladding panels, which differ in number and size



zioni di strumenti e tecniche di elaborazione con rappresentazione tradizionali e digitali. Tra i tanti, due rappresentano l'evoluzione del processo progettuale degli ultimi vent'anni (Vanini, 2010). Il primo metodo, noto sotto il nome di Reverse Modelling e che annovera fra i suoi sostenitori Frank O. Gehry, prevede che il concepimento dell'idea sia restituito, in prima battuta, in modo tradizionale – mediante schizzi cartacei – e successivamente attraverso un modello tridimensionale fisico (il plastico), poi trasformato in modello digitale attraverso un laser scanner. Da questo momento l'evoluzione progettuale procede esclusivamente per via digitale, talvolta con il supporto di nuovi modelli fisici, fino al raggiungimento del modello ritenuto definitivo, da

according to the different degrees of curvature of the casing. Second, for the optimization of the iso curves (and therefore of the joints) that improve the plasticity of the volume. The need to light up some rooms is solved by using panels that seem to be placed and perforated randomly, therefore enhancing the organic footprint chosen by Zaha Hadid.

Future Developments for the Detail and Pending Issues

Although the building artifact is a perfectly balanced assembly of parts, the architectural production, from the Modern Movement to the contemporary one, shows how cyclically there has been a tendency to design seamlessly artifacts (without joints). Due more for the will to attribute symbolic values to it than for the possibilities offered by the technique and the tech-

nological innovation of the moment. This is demonstrated by the fact that if in 1906 Hendrik Petrus Berlage proclaimed the death of the 'joint' and in 2006 Greg Lynn declared the death of the detail – and therefore the dead the joint – in this period we find examples where the work is identified by its detail. Such as the Barcelona Pavilion (1929), with its cruciform pillars covered in steel, and the Pompidou Centre (1977), characterized by "hierarchical details" and "interchangeable parts". And if in these hundred years, many Modern and Contemporary Architecture protagonists have expressed their thoughts on detail in many different publications, it is certainly worth mentioning those journals that gave them the possibility, through monographic issues on the subject, of a direct confrontation. Among these: *Architectural Record*, which in 1964 invited

cui ricavare gli elaborati grafici esecutivi bidimensionali, alcuni dei quali non necessari qualora la produzione del progetto venisse affidata a macchine a controllo numerico. Un secondo metodo di progettazione prevede che la forma sia concepita direttamente attraverso il software, creando superfici complesse, difficilmente rappresentabili con la geometria tradizionale, cui assegnare specifiche funzioni.

La differenza fra i due metodi sta nel fatto che il secondo non consente al progettista una prefigurazione reale dell'opera e nel nuovo ruolo che egli attribuisce al disegno, declassandolo da strumento di 'controllo in itinere' a strumento di 'controllo a posteriori', non seguendo più l'intero processo – dalla concezione

seven important designers (including Breuer and Johnson) to provide some examples of their 'architectural details' with a brief essay. *Detail*, which in 2000 published the number 8 entitled *The Purpose of Details*, inviting sixteen Architects, including Ando, van Berkel and Bros, Cucinella, Ito, Koolhaas, MVEDV and Siza. *Architectural Design*, which in 2014 published the number 4 with the title *Future Details of Architecture* collecting, among others, the contributions of Ford, Schittich, Schumacher, Ratti and Tibbitts. Although the vision and ideas of the different authors are similar – as they consider the architectural detail a "superfluous" element that can be omitted without adverse technical consequences – the authors of the two less recent journals consider the detail at most an element to be relegated to the small scale. In other words, although

technically necessary, the detail must be hidden or minimized to avoid detracting attention from the larger message conveyed by the abstract nature of the artifact. The third journal explicates what Edward Ford (2011) had anticipated in his careful analysis on architectural detail. Namely, in the near future, due to digital manufacturing, the detail risks to become marginal, being influenced by a tendency to 'produce' printed buildings without joints and zero tolerances.

Actually, digital technologies seem to push the detail towards smaller scales, from mini to micro and nano, rather than towards its disappearance. It becomes invisible to the human eye, now affecting more than ever the matter, it is printable with new physical properties and controllable behaviours, challenging or emulating nature (Mogas *et al.*, 2015; Pawlyn, 2016). Some recent

alla esecuzione – attraverso azioni ricostruibili graficamente. Quando il disegno perde il proprio ruolo formativo dell'idea progettuale, per nascondersi nella veste numerica del linguaggio informatico, s'introduce allora il rischio della "casualità" che trasforma il progettista in un soggetto inconsapevole il quale non comprende appieno le trasformazioni formali indotte dallo strumento digitale sul suo progetto, poiché la possibilità di visualizzare le variazioni sono discontinue e appartengono a momenti successivi. Nonostante ciò, nella pratica, le infinite possibilità generate dalle nuove tecniche di composizione digitale consentono d'incorrere in elementi non prefigurati e casuali, spesso accolti come validi spunti di elaborazione, conferendo al progetto, come afferma Patrick Schumacher (2004), una «produttiva indeterminazione».

Ciò che appare chiaro è che con l'aumentare della complessità progettuale nel disegno digitale risulta difficile separare gli aspetti concettuali da quelli rappresentativi, instaurandosi fra essi un "rapporto simbiotico" che non permette di determinare se lo strumento digitale rappresenti i reali intendimenti del progettista oppure se sia lo strumento a suggerire lo sviluppo del progetto. Una soluzione operativa sembra fornirla Zaha Hadid la quale prospetta la necessità dell'uso integrato fra schizzi e disegni digitali: «Quando si lavora sul disegno è possibile raggiungere via via un grado di concettualizzazione al quale, per diverse ragioni, non si perviene usando il computer. [...] Quando si disegna a mano una prospettiva, si può decidere di evidenziare certe cose e di tralasciarne altre. Non accade lo stesso quando si usa il wireframing» (Schumacher, 2004).

Il progetto di Zaha Hadid Architects per la facciata del *Dongdaemun Design Park and Plaza* a Seoul (2014) è uno dei rari casi



in cui, attraverso il continuo controllo del disegno digitale, si perviene al progetto desiderato e alla definizione del dettaglio. Nel caso specifico infatti, la tettonica di matrice organica viene esaltata dalla definizione dei dettagli attraverso due soluzioni tecniche: in primo luogo attraverso la maglia dei pannelli in alluminio di rivestimento, che si differenziano per numero e dimensione in relazione ai diversi gradi di curvatura dell'involucro; poi per l'ottimizzazione delle isocurve (e quindi dei giunti) che migliorano la plasticità del volume. La necessità d'illuminare alcuni ambienti è risolta con l'utilizzo di pannelli che sembrano essere

and concrete applications prove it: those related to the programming of materials, printable in 4D, capable of retaining information and changing their state of matter when exposed to water (Tibbits, 2014); Project Cyborg, a meta-platform on cloud developed by Bio/Nano/Programmable Matter Autodesk Research group, which enables flexible bio-inspired design at different scales, making it possible to print new materials or high-performance building components (Benjamin *et al.*, 2014). DNADisplay, developed by Skylar Tibbits together with his partners at MIT, which develops a physical prototype and workflow for the design of 2D bio-printing, comparable to software, hardware and DNA models printed on paper (Tibbits *et al.*, 2014). DNA Origami, a technique in which customized DNA sequences are synthesized and then self-assembled

into operational objects on a nanometre scale, for the realization of 2D and 3D objects (Douglas *et al.*, 2009). Furthermore, to better understand the prospects offered by the integration between project and digital manufacturing, the review entitled *Materials Science and Architecture* by Bechthold and Weaver (2017) has to be underlined. The review deals with the state of the art on recent innovative research in which architects, engineers and scientists work as partners for the creation of materials capable of defining new aesthetic-formal and detail paradigms of Architecture.

We do not know what the future of the detail will be, but we can affirm that the new millennium – thanks to the digital technology help – shows us its evolution towards an ever-greater personalization and definition, promising the creation of super details, more

thorough, precious and powerful than we could have imagined only two decades ago, to create more resilient, intelligent and sustainable architectures. But at the same time, the new digital technologies open to the risk that "randomness" becomes the protagonist in the creative process and that the wonderful and fascinating iconographies of detail, materialization on paper of the first idea, created since Leonardo or Brunelleschi up to Ridolfi, Scarpa, Spadolini and Mangiarotti – just to name a few – able to characterize the work and to combine aesthetic and figurative values in the search for new and evolved architectures, remain only a memory. Quoting Ford (2014), we can state that the future of architecture is strictly linked to the future of detail and conversely. The Technological Design Culture cannot afford to underestimate and lose this next challenge.

collocati e perforati casualmente, accentuando così l'impronta organica voluta da Adid.

Svilupi futuri per il dettaglio e questioni aperte

Sebbene il manufatto edilizio sia un assemblaggio di parti in perfetto equilibrio, la produzione architettonica, dal Movimento Moderno a quella contemporanea, mostra come ciclicamente vi sia stata la tendenza a progettare manufatti senza soluzioni di continuità (senza giunti o articolazioni), più per la volontà di attribuirgli valori simbolici che per le possibilità offerte dalla tecnica e dall'innovazione tecnologica del momento. Ciò è dimostrato dal fatto che se nel 1906 Hendrik Petrus Berlage proclama la morte della 'articolazione' e nel 2006 Greg Lynn decreta la morte del dettaglio – e con essa del giunto – all'interno di questo periodo troviamo esempi in cui l'opera è identificata tramite il suo dettaglio; emblematici sono il Padiglione di Barcellona (1929), con i suoi pilastri cruciformi rivestiti in acciaio, e il Centro Pompidou (1977), caratterizzato dai "dettagli gerarchici" e dalle "parti intercambiabili".

E se in questi cento anni molti protagonisti dell'Architettura Moderna e Contemporanea hanno espresso il proprio pensiero sul dettaglio all'interno di pubblicazioni di varia natura, sono certamente da segnalare quelle riviste che hanno loro offerto la possibilità, attraverso numeri monografici sul tema, di un confronto diretto. Tra queste: *Architectural Record*, che nel 1964 invita sette importanti progettisti (fra cui Breuer e Johnson) a fornire alcuni esempi dei loro "dettagli architettonici" accompagnati da un breve saggio; *Detail*, che nel 2000 pubblica il numero 8 dal titolo *The Purpose of Details*, invitando sedici architetti tra cui Ando, van Berkel e Bos, Cucinella, Ito, Koolhaas, MVRDV e Siza; *Architectural Design*, che nel 2014 pubblica il numero 4 con il titolo *Future Details of Architecture* raccogliendo, tra gli altri, i contributi di autori come Ford, Schittich, Schumacher, Ratti e Tibbits. Nonostante visione e pensiero dei diversi autori siano simili, in quanto considerano il dettaglio architettonico un elemento "superfluo" che può essere omesso senza conseguenze tecniche avverse, gli autori delle due riviste meno recenti lo considerano tutt'al più un elemento da relegare alla piccola scala: in altre parole, sebbene tecnicamente necessario, il dettaglio deve essere nascosto o ridotto per evitare di distogliere dal messaggio più grande veicolato dalla natura astratta del manufatto. La terza rivista esplicita quanto Edward Ford (2011) anticipava nella sua attenta analisi sul dettaglio architettonico, ovvero che nel prossimo futuro, a causa della fabbricazione digitale, lo stesso rischia di diventare marginale, essendo condizionato da una tendenza a 'produrre' edifici stampati senza giunti e con tolleranze pari a zero.

In verità, più che verso la sua scomparsa, le tecnologie digitali sembrano spingere il dettaglio verso scale sempre più picco-

le, dal mini al micro e al nano, rendendolo invisibile all'occhio umano, interessando ora più che mai la materia, stampabile con nuove proprietà fisiche e comportamenti controllabili, sfidando o emulando la natura (Mogas *et al.*, 2015; Pawlyn, 2016), come dimostrano alcune recenti e concrete applicazioni: quelle relative alla programmazione dei materiali, stampabili in 4D, capaci di memorizzare informazioni e modificare il proprio stato fisico quando esposti all'acqua (Tibbits, 2014); Project Cyborg, una meta-piattaforma nativa del cloud sviluppata dal gruppo Bio/Nano/Programmable Matter di Autodesk Research, che consente una progettazione bio-inspired flessibile a scale diverse, rendendo possibile la stampa di nuovi materiali o di componenti edilizi dalle elevate prestazioni (Benjamin *et al.*, 2014); DNADisplay, sviluppato da Skylar Tibbits insieme ai suoi collaboratori del MIT, che promuove un prototipo fisico e un flusso di lavoro per la progettazione di bio-printing 2D, al pari di software, hardware e modelli di DNA stampati su carta (Tibbits *et al.*, 2014); DNA Origami, tecnica in cui sequenze personalizzate di DNA sono sintetizzate e quindi autoassemblate in oggetti funzionali su scala nanometrica, per la realizzazione di oggetti 2D e 3D (Douglas *et al.*, 2009). In aggiunta, per meglio comprendere le prospettive offerte dalla integrazione fra progetto e fabbricazione digitale è da segnalare la review dal titolo *Materials Science and Architecture* a firma di Bechthold e Weaver (2017) nella quale è presentato lo stato dell'arte su recenti ricerche innovative in cui architetti, ingegneri e scienziati lavorano come partner per la realizzazione di materiali capaci di definire nuovi paradigmi estetico-formali e di dettaglio dell'Architettura.

Quale che sia il futuro del dettaglio non ci è dato saperlo, ma possiamo asserire che il nuovo millennio, grazie all'ausilio delle tecnologie digitali, ci prospetta una sua evoluzione nel senso di una sempre maggiore personalizzazione e definizione, promettendo la creazione di super-dettagli, più minuziosi, preziosi e potenti per la realizzazione di architetture più intelligenti, resilienti e sostenibili. Ma al contempo le nuove tecnologie digitali aprono al rischio che la 'casualità' diventi la principale protagonista nel processo creativo e che le meravigliose e affascinanti iconografie di dettaglio, materializzazione su carta della prima idea, prodotte a partire da Leonardo o da Brunelleschi fino ad arrivare a Ridolfi, Scarpa, Spadolini e Mangiarotti – solo per citarne alcuni – capaci di caratterizzare l'opera e di combinare valori estetici e figurativi nella ricerca di architetture nuove ed evolute, rimangano uniche e un semplice ricordo. Parafrasando Ford (2014) possiamo asserire quindi che il futuro dell'architettura è strettamente legato a quello del dettaglio, e viceversa. Questa è la prossima sfida che la Cultura Tecnologica della Progettazione non può permettersi di sottovalutare e di perdere.

ACKNOWLEDGEMENTS

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to both Authors.

REFERENCES

- Ackerman, J.S. (2003), *Architettura e disegno. La rappresentazione da Vitruvio a Gehry*, Electa, Milano.
- Ajla, A. (2016), *Integrating Innovation in Architecture: Design, Methods and Technology for Progressive Practice and Research*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Benjamin, D., Nagy, D. and Olguin, C. (2014), "Growing Details", *Architectural Design*, Vol. 84, Issue 4, pp. 98-103.
- Bechthold, M. and Weaver, J.C. (2017), "Materials science and architecture", *Nature, International Journal of Science*, Vol. 2, pp. 1-20, available at: <https://www.nature.com> (accessed 15 February 2019).
- Clemente, C. (2008), "Tecnologia, dettaglio ed espressione architettonica. Franca Helg", *Hortus, Rivista di Architettura on-line*, available at: <http://www.vg-hortus.it> (accessed 13 January 2019).
- Douglas, S.M. et al. (2009), "Rapid Prototyping of 3D DNA-Origami Shapes with caDNA", *Nucleic Acids Research*, Vol. 37, n. 15, pp. 5001-5006.
- Esposito, M.A. and Bosi, F. (2018), *Tecnologie del Progetto di Architettura. Rimodellazione di progetto e fabbricazione*, Didapress, Firenze.
- Finessi, B. (2002), *Su Mangiarotti*, Abitare Segesta Cataloghi, Milano.
- Ford, E.R. (2014), "The grand work of fiction. The detail as fiction", *Architectural Design*, Vol. 04, pp. 26-35.
- Ford, E.R. (2011), *The Architectural Detail*, Princeton Architectural Press, Princeton, NY.
- Garcia, M. (2014), "Histories, Theories and Futures of the Detail in Architecture", *Architectural Design*, Vol. 84, Issue 4, pp. 14-25.
- Jencks, C. and Krop, K. (Eds.) (1997), *Theories and Manifestos and Contemporary Architecture*, Academy, Chichester.
- Lerner, J. (2012), *The Architecture of Innovation*, The Economics of Creative Organizations Harvard Business Review Press, Boston.
- Marsault, X. (2017), *Eco-generative Design for Early Stages of Architecture*, Vol. 1, Wiley-ISTE, London-Hoboken.
- Middleton, R. (Ed.) (1996), *The Idea of the City: Architectural Associations*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Mogas Soldevila, L. and Oxman, N. (2015), "Water-based Engineering & Fabrication: Large-Scale Additive Manufacturing of Biomaterials", *Materials Research Society Online Proceedings, Adaptive Architecture and Programmable Matter: Next Generation Building Skins and Systems from Nano to Macro*, MRS Spring Meeting, Cambridge University Press, pp. 1-8.
- Oxman, R. (2017), "Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking", *Design Studies*, n. 52, pp. 4-39.
- Pawlyn, M. (2016), *Biomimicry in Architecture*, 2nd ed., Riba Publishing, Newcastle upon Tyne.
- Rice, P. (1994), *An Engineer Imagines*, Artemis, London.
- Schumacher, P. (2014), "Tectonic articulation. Making engineering logics speak", *Architectural Design*, Vol. 84, Issue 4, pp. 44-51.
- Schumacher, P. (2004), *Hadid digitale. Paesaggi in movimento*, Edizioni Testo&Immagine, Torino.
- Sposito, C. (2005), "La progettazione esecutiva e la norma procedurale", in De Giovanni, G. (Ed.), *Architettura Dettagliata*, il Prato, Saonara, pp. 49-64.
- Tibbits, S. (2014), "4D Printing: Multi-Material Shape Change", *Architectural Design*, Vol. 84, Issue 01, pp. 116-121.
- Tibbits, S., Kara'in, L., Schaeffer, J., de Puig, H., Gomez-Marquez, J. and Young, A. (2014), "DNA display: Programmable Bioactive Materials Using CNC Patterning", *Architectural Design*, Vol. 84, Issue 4, pp. 104-111.
- Vanini, C. (2010), *Il disegno del progetto architettonico: dalle origini alla contemporaneità. Ricerca di costanti e varianti tra le regole espressive nella storia, dal disegno manuale al disegno digitale*, Tesi di Dottorato in Ingegneria Edile, XXIII ciclo, Università degli Studi di Cagliari.
- Visentin, C. (2011), "La bellezza del dettaglio di architettura, sentimento costruito, processo creativo", *Eurau '10 International Conference, Napoli, 23-26 giugno 2010*, Clean Edizioni, Napoli, pp. 73-81.

Carlo Caldera^a, Valentino Manni^b, Luca Saverio Valzano^c,

^a Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia

^b Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

^c Studio LVA, Torino, Italia

carlo.caldera@polito.it

valentino.manni@polito.it

luca.valzano@gmail.com

Abstract. Il progetto esecutivo deve garantire la sicura interpretazione delle prescrizioni tecniche per la corretta realizzazione dell'opera edilizia. In relazione all'incipiente automazione del cantiere, conseguente allo sviluppo dell'Industria 4.0 fondata su sistemi ciberfisici, muta la grammatica del progetto di dettaglio. Il dibattito descritto si incentra sull'integrazione informativa tra produzioni *on-site* e *off-site* e tra operatori umani, macchine e sensoristica. Lo studio esplora e aggiorna lo stato dell'arte della ricerca sull'automazione dei processi costruttivi. Su tali basi definisce un modello di gestione informativa di processi integrati che abbraccia l'intero processo edilizio (Integrated Design Process, Construction Management e Facility Management) predisposto per la condivisione in cloud.

Parole chiave: Industria 4.0; Produzione *off-site*; Produzione *on-site*; Internet of Things; Modello informativo integrato dei processi.

Approccio sistemico e progettazione integrale

La ricerca nel campo delle costruzioni si confronta con le problematiche complesse della gestione dei processi correlati di progettazione, di costruzione e di gestione dell'ambiente costruito. Essa, dunque, deve essere innanzitutto improntata ad una metodologia operativa basata su di una visione sistemica nella quale si intrecciano la dimensione tecnico-progettuale e imprenditoriale con quella di trasformazione culturale e educativa, in cui l'individuo deve essere considerato come componente di una collettività (organismo) che vive e agisce su uno specifico territorio. Operare secondo una visione sistemica significa saper cogliere le connessioni e le intersezioni tra le parti ed il tutto. L'attitudine ad operare con la complessità è tipica di un metodo di lavoro interdisciplinare e sovradisciplinare che attinge pienamente dalla tradizione della cultura tecnica italiana ed europea.

Gli aspetti metodologici innovativi di questo tipo di ricerca consistono nel perfezionamento di un metodo di progettazione, ba-

The executive project as integrated model in relation to Industry 4.0

Abstract. Executive projects must guarantee that technical specifications are properly interpreted, so that construction work can be adequately implemented. In view of the upcoming automation of building sites arising from the cyber-physical system-based Industry 4.0 framework, the detailed design "grammar rules" are bound to change, too. The reported discussions focus on information integration between on-site and off-site production, as well as among humans, machines and sensors. This study surveys and updates the state of the art in the research of the building process automation. Based on that, it defines an information management model for integrated processes which encompasses the entire construction process (Integrated Design Process, Construction Management and Facility Management) and it is ready to be shared on the cloud.

sato sulla visione sistemica e sulla interdisciplinarietà e attuato attraverso la gestione della sua complessità, tramite verifica reiterata delle differenti fasi del processo e con l'integrazione dei risultati, verificabili anche attraverso la partecipazione al progetto di tutti gli attori coinvolti.

In ogni sistema complesso sono individuabili caratteristiche strutturali che descrivono gli elementi del sistema, la loro mutua interrelazione e interazione. Sue caratteristiche fondamentali sono di essere un sistema "aperto" in grado di scambiare informazioni, energia, materia con l'ambiente esterno e di possedere una gerarchia di livelli in certa misura indipendenti l'uno dall'altro, interagenti in modo non lineare. Inoltre occorre considerare la "dinamica" del sistema stesso, cioè l'insieme delle leggi che descrivono la sua evoluzione nel tempo. Tali caratteristiche si possono schematizzare nei seguenti tre concetti:

- organizzazione, ovvero gerarchia con ruoli funzionali differenti ma correlati;
- adattabilità, in quanto capacità di collegarsi interagendo con altri sistemi;
- controllabilità delle alternative possibili.

Un sistema "complesso", diversamente da un sistema "complicato" (alla Blachère) e quindi rigido, è molto duttile e dotato di grande "resilienza", in grado quindi di sopportare perturbazioni e shock, adattandosi ed evolvendosi cercando nuovi equilibri. Anche il sistema edilizio è un sistema complesso: la gestione della sua complessità e delle relazioni con l'eco-sistema è un tema di grande attualità. John Bennet (2000) affronta il tema della qualità del processo edilizio e della sua valutazione attraverso casi

Keywords: Industry 4.0; Off-site production; On-site production; Internet of Things; Processes Integrated Information Model.

System Approach and Integral Design

The research work in the field of construction deals with project management issues related to the intertwined processes of design, construction and management of the built environment. Such work must, therefore, first and foremost be characterized by an operating methodology based on a system-level framework. In such an approach, the technical, design and entrepreneurial perspectives are integrated with the cultural and educational ones, whereby the individual must be considered part of a community living and operating in a specific territory.

Working on the basis of a system-level vision means knowing how to identify the connections and the intersections between the individual parts and the whole. The ability to deal with complexity is typical of multi- and supra-disciplinary working methods fully exploiting the traditions of Italian and European technical culture.

The innovative methodological aspect of this kind of research work lies in the improvement of a design method on the basis of a system-level vision and on a multi-disciplinary approach. The improved method is, then, implemented by managing its complexity, by repeatedly verifying the various process stages and by integrating their results. These can also be verified by involving all its stakeholders in the project.

In any complex system, one can identify structural features describing the system elements and their mutual in-

di studio esaminati secondo criteri che spostano l'attenzione più sulle relazioni e sulle retroazioni tra le parti della costruzione o tra gli elementi della sua organizzazione, che sulle parti o sugli elementi stessi.

Il modo di progettare che ne deriva dovrà essere pertanto estremamente attento al comportamento in servizio dell'oggetto edilizio per cogliere, sin dalle prime battute, ogni problema legato alle possibilità costruttive e alla vita futura sia dell'individuo-edificio sia di ogni sua singola parte. In altre parole, potrà emergere un modo di progettare attento alla realizzabilità in ogni fase dell'iter e al controllo della qualità nel tempo e quindi alla manutenibilità.

Tutto ciò non è compatibile con la cosiddetta "ingegnerizzazione del progetto", prevista come attività successiva al momento ideativo e compositivo e separata da altri momenti progettuali. L'iter progettuale deve invece essere una attività continua di analisi, di sintesi, di confronto e di rielaborazione, con attenzione alle scelte di tipo compositivo, distributivo, tecnologico e tecnico-costruttivo-organizzativo ed economico e al modo in cui queste possono tra loro interagire. L'atteggiamento che ne deriva è una permanente disponibilità a rielaborare il progetto che, proprio grazie a continue rivisitazioni e miglioramenti successivi e iterativi, giunge, per successive approssimazioni, alle fasi di effettiva approvabilità e ai livelli di qualità programmati (Bardelli, 1994). Il processo di progettazione così inteso è definito come Progettazione Integrale (*Integrated Design Process, IDP*) ed è schematizzabile con l'immagine di una spirale (Fig. 1) che rappresenta successivi passaggi sui diversi aspetti dell'iter; ogni passaggio si integra di nuove informazioni rispetto al passaggio precedente, in una costante apertura critica. Dopo aver indagato tutti gli aspetti

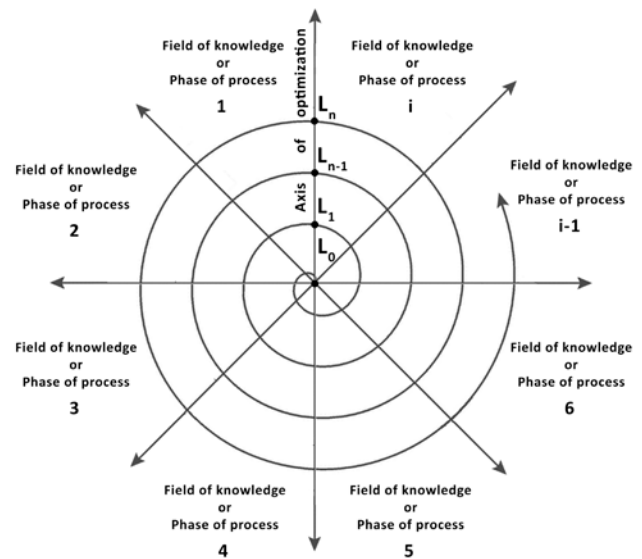
terconnections and interactions. Such a system is basically "open", i.e. able to exchange information, energy and matter with the external environment. It also has a hierarchy whose levels are somewhat independent of each other, though they interact in a non-linear way. One also needs to take into account the system's "dynamics", namely the set of rules describing its evolution over time. Such features can be summarized in the three concepts below:

- organization, i.e. a hierarchy with different but related roles;
- adaptability, defined as the ability to connect and interact with other systems;
- controllability of the possible alternatives.

A "complex" system is different from a "complicated" one (according to Blachère). The latter is rigid, while the former is highly adaptable and "resil-

ient". It can, therefore, withstand disturbances and shocks, as well as adapt and evolve towards a new balance. A building system is a complex system, too. The management of its complexity and connections with the ecosystem is currently a topical issue. Professor John Bennet (2000) dealt with the issues related to both quality and assessment of the building process. Several case studies are reviewed according to criteria which shift the focus on the relationships and feedback among the building parts or the organizational elements and away from the parts and elements themselves.

The ensuing design method shall, therefore, pay particular attention to the building behaviour while in use, in order to identify from the outset any issues related to the construction options and to the future life of the entire building and of each of its parts.



ad un n-esimo grado di approssimazione, il giro successivo della spirale è influenzato dagli input che sono giunti dai livelli di approfondimento precedenti, fino a pervenire al massimo grado di ottimizzazione, ovvero massimo livello di qualità finale richiesto per la specifica fase di progettazione. In sintesi il processo integrale di progettazione si affina con incessanti *feed-back* che indagano sulle conseguenze di ogni tipo di perturbazione. Quando si perviene al più avanzato stato utile della progettazione per uno specifico livello, è possibile reiterare il processo passando alla fase progettuale successiva, dalla fase preliminare del *Concept Design* alla valutazione della fattibilità tecnica ed economica, alla fase del progetto definitivo, alla fase del progetto esecutivo fino al progetto costruttivo. L'iter delle scelte e delle valutazioni può proseguire con la stessa schematizzazione a spirale anche nelle fasi successive del processo: quella della costruzione *on-site* e *off-site* fino all'*as-built* e quelle della manutenzione e della gestione (*Facility Management, FM*). Anche questi ultimi sono processi iterativi e interattivi che per successive approssimazioni possono

In other words, a way of designing may arise in which attention is paid to feasibility at each process step, to quality over time and, therefore, maintainability.

All of this is incompatible with the so-called "engineering of the project" subsequent to the conception and composition stages, and separated from other design phases. The design process must, on the contrary, involve constant analysis, synthesis, discussion and revision activities. It must pay attention to the composition, distribution, technological, technical-construction-organizational and financial choices, as well as to the way they can interact with each other. This gives rise to an attitude of constant willingness to revise the project. Precisely because of the constant revisions and subsequent iterative improvements, the project reaches by subsequent approximations

the stages where it can actually be approved, as well as its planned quality levels (Bardelli, 1994).

Once understood in this way, the design process defined an Integrated Design Process (IDP). It can be summarized as a spiral (Fig. 1) depicting the subsequent iterations of the various process aspects. Each iteration is enriched with new information relative to the previous one, with a constant critical openness. After analysing all aspects at the n-th approximation degree, the subsequent loop of the spiral is influenced by the input coming from the previous levels of detailed analysis. The process finally reaches the highest optimization, i.e. the highest level of the final quality required for the specific design stage. In summary, the Integrated Design Process is refined by the constant feedback produced by the continuous analyses of the conse-

modificare in forma controllata talune scelte. In una fase *i*-esima della manutenzione, per esempio anche dopo anni di vita, devono essere noti e aggiornati lo “stato di salute” e la geometria dell’edificio fino all’intervento in fase *i-1*, ottimizzando il processo fino al grado *n*-esimo. Infine si individua anche una quarta fase del processo: la decostruzione dell’edificio, anch’essa un processo allo stesso modo autoregolato dal sistema stesso.

Il progetto esecutivo quindi è una fase di dettaglio del processo integrale di progettazione; per analogia è anch’esso infatti un processo iterativo oltre che interattivo, che si affina sempre di più fino al grado avanzato del progetto costruttivo, eventualmente riveduto e affinato da test comportamentali su *mockup off-site*. Il processo può essere gestito in *cloud*, con scambio e condivisione delle informazioni tecniche tra gli operatori coinvolti, consentendo di apportare in tempo reale le modifiche al modello informativo e al progetto.

Un esempio è l’ottimizzazione della coordinazione dimensionale di elementi modulari tendente anche alla riduzione degli sfridi di cantiere. Il modello informativo è così continuamente aggiornato affinché la pluralità degli operatori che intervengono nel processo possa riferirsi ad esso. Ciò giustifica la proposta di adozione di una piattaforma informativa condivisa di cui il BIM (*Building Information Modeling*) può esserne parte.

Lottimizzazione del livello informativo nell’Industria 4.0

Una delle attuali criticità della progettazione è riuscire a rendere l’informazione una risorsa utile alle fasi successive del

progetto. Nel modo convenzionale di progettare le informazioni vengono create in una fase di progetto con il solo scopo di

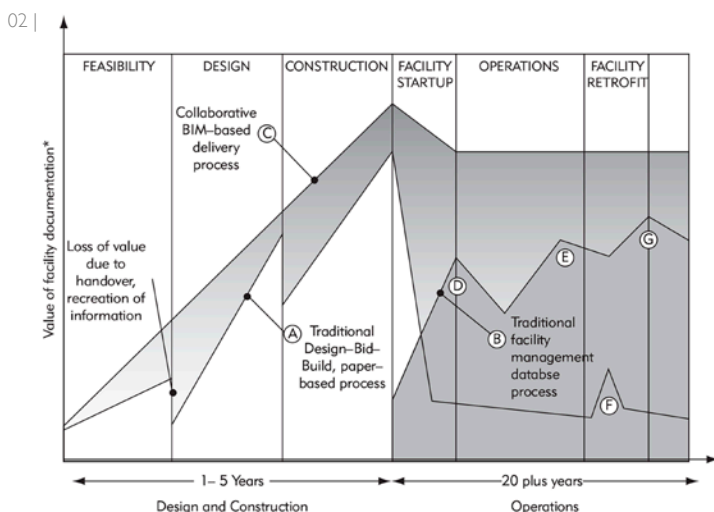
raggiungere gli obiettivi della fase stessa. All’inizio di ogni fase successiva il patrimonio delle informazioni precedenti perde il suo valore e deve essere in parte rielaborato esponendo il progetto al rischio di errori di inserimento e ridondanza dei dati. Il diagramma (Fig. 2) evidenzia il percorso di “conoscenza” nel processo convenzionale e nel processo collaborativo e rappresenta la capacità di apprendimento del processo collaborativo, ovvero l’abilità di utilizzare le informazioni prodotte durante le fasi precedenti (Eastman et al., 2011).

Per quanto concerne il FM ed i processi di monitoraggio delle prestazioni nel tempo, l’attuale possibilità di fare ricorso a sempre più avanzati sistemi di sensori consente a tutti gli operatori di essere informati in *real-time* sullo “stato di salute” di un edificio durante il corso della sua vita. Ottenendo informazioni con approccio preventivo, gli interventi saranno più economici ed efficaci rispetto ad approcci correttivi “a guasto avvenuto” a seguito del palesarsi di un degrado o al verificarsi di un evento accidentale. Inoltre può essere meglio attuata una procedura di manutenzione migliorativa di adeguamento tecnico o normativo per obsolescenza programmata o per decadimento fisiologico delle prestazioni. La sensoristica è entrata con una certa gradualità nel mondo delle costruzioni, in particolare nelle fasi di gestione, in ragione della difficoltà di inserire i dispositivi nell’organismo edilizio, di renderli accessibili e ispezionabili, di connetterli tra loro e di elaborare le informazioni raccolte. Oggi sta crescendo esponenzialmente la velocità di evoluzione dei sensori, alcuni di essi miniaturizzati in modo tale da poter essere numerosi ed inseribili nell’organismo; ad esempio, in un getto di conglomerato al fine di fornirne valori tensionali. Anche la raccolta delle informazioni ed il dialogo tra i sensori avviene *wireless* e l’elabo-

quences of all sorts of perturbations. Once the most advanced useful design stage is reached for a specific level, the process can be iterated by moving on to the next stage. This holds true from the preliminary Concept Design to the technical and financial feasibility phase, as well as to the stage of the final, executive and implementation projects. The process of identifying and assessing the available options can go on according to the same spiral pattern also in the on-site and off-site building processes, until the as-built phase is reached. It can also be adopted for the management and maintenance processes (Facility Management, FM). These are also iterative and interacting processes. By subsequent approximations, they can change some choices in a controlled way. In the *i*-th maintenance phase, even years after the building was completed, one must know the

building geometry and “health status” up to any work carried out in phase *i-1*, thereby optimizing the process up to the *n*-th degree. A fourth stage of the process is finally identified, namely the dismantling of the building. This, too, is a process regulated by the system itself.

The executive project is, therefore, a detailed design stage of the overall design process. It is an iterative, as well as an interactive process which gradually becomes more refined up to the advanced stage of the construction project, as reviewed and refined by possible behaviour tests on off-site mock-ups. The process can be managed on cloud, with technical information exchanges and sharing among the involved parties, thereby allowing the real-time implementation of changes to the information model and to the project.



razione delle stesse è attraverso processi basati su *Big Data*. L'uso della sensoristica è pertanto un tema molto attuale e sostiene un innovativo campo di sviluppo nel mondo della costruzione degli edifici e della loro esecuzione (*Internet of Things*, IoT). I sistemi di sensori presentano una grande analogia con i sistemi neurali autopoietici (*Neural Network*, NN) basati anch'essi sull'interconnessione delle informazioni.

Il *cloud*, la sensoristica IoT e i *Big Data Analytics* sono alcune delle tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0 la cui chiave di volta sono i sistemi ciberfisici (*cyber-physical system*, CPS) ovvero sistemi fisici strettamente connessi con sistemi informatici, in grado di interagire e collaborare in modo continuo con altri sistemi CPS e con l'ambiente in cui operano. Tali sistemi sono composti da elementi dotati di capacità computazionale, di comunicazione e di controllo.

Nelle fasi progettuali di dettaglio occorre tenere in considerazione che per sfruttare a pieno le tecnologie offerte dal paradigma dell'Industria 4.0, è opportuno concentrarsi non solo sulla progettazione del prodotto, ma anche sulla progettazione della tecnologia da integrare in esso, che abilita la collezione e la raccolta di dati dal campo.

Progetto e gestione della complessità

La fabbricazione digitale, sfruttando anch'essa l'IoT nei processi produttivi, offre la possibilità di realizzare componenti di edifici digitalmente descritti in scala reale utilizzando tecnologie automatizzate come il *Computer Numerical Control* (CNC), il *Computer Aided Manufacturing* (CAM), ecc. Ciò altera i termini di produzione nell'edilizia sia per quanto concerne il progetto (produzione di dati) sia per

A good example is the optimization of dimensional co-ordination among modular elements, which is also aimed at reducing construction site waste. The information model is, therefore, constantly updated, so that the various parties involved in the process can make reference to it. This justifies the proposed adoption of a shared information platform which includes the Building Information Modeling (BIM).

Optimizing the information level in Industry 4.0

One of the critical design issues is currently the ability to turn information into a useful asset for the subsequent stages of a project. In the conventional design process, information is created at a given project in order to achieve the goals of that stage alone. At the outset of each subsequent stage the ac-

rued information assets lose their value and need to be partially reworked, thereby exposing the project to input error and data redundancy risks. The diagram below (Fig. 2) highlights the "knowledge flow" in the conventional process and in the co-operative one. It describes the learning capacity of the latter, that is the ability to use the information generated over the previous project stages (Eastman *et al.*, 2011). As concerns FM and performance monitoring processes over time, the possibility to use more and more advanced sensor systems currently allows all parties to stay abreast in real-time with a building's "health status" over its entire lifetime. The availability of information within a preventive approach reduces the cost and improves the effectiveness of any work as compared with a "post-facto" corrective approach, whereby action is taken after

quanto concerne la fabbricazione (trasformazione del materiale). Attraverso la fabbricazione digitale è possibile associare direttamente realtà virtuale e fisica. Informazioni, dati e procedure possono essere collegati all'architettura costruita e viceversa. Mai prima d'ora i dati tecnici di progettazione sono stati collegati direttamente alla produzione fisica nei processi costruttivi.

Un attuale dibattito si sta sviluppando in merito all'efficacia della trasmissione dei dati di progetto in relazione all'incipiente automazione dei processi edilizi e alla IoT, in linea con lo sviluppo dell'Industria 4.0. Si consideri, infatti, che i processi di progettazione sono in costante evoluzione; si pensi alle innovazioni susseguitesesi nel tempo: digitalizzazione del progetto, digitalizzazione dei processi, digitalizzazione della conoscenza e digitalizzazione della comunicazione (Cattaneo *et al.*, 2017).

In questo scenario, la trasmissione e la gestione dei dati diventano fondamentali. Questi ultimi devono essere accessibili, nel modo più semplice ed immediato, ad operatori, macchinari e componenti IoT. Si manifesta quindi la necessità di redigere il progetto secondo una nuova "grammatica" al fine di gestire la complessità del processo edilizio. Tale complessità è deducibile, ad esempio, nella schematizzazione (Fig. 3) del tipico flusso di informazioni e prodotti per la produzione di componenti ETO (*Engineered To Order*), caso particolare del processo edilizio (Eastman *et al.*, 2011).

Una soluzione volta alla gestione della complessità intrinseca di un processo costruttivo innovativo quale il *Contour Crafting* (CC), declinazione dell'*Addictive Manufacturing*, tecnologia abilitante dell'Industria 4.0, è stata proposta da Behrokh Khoshnevis (2004) dell'University of South California. Il suo modello (Fig. 4) scompone il processo in *subroutines*, caratterizzate da

deterioration or accidental events have taken place. A proactive approach also allows a better implementation of enhancement maintenance procedures for technical or legal upgrades following planned obsolescence or natural performance decline. Sensors have only spread gradually in the building industry, particularly in the management stages. This is due to the difficulty of placing the devices in buildings, of making them accessible and inspectable, of interconnecting them and of processing the gathered information. Sensors are currently evolving at an exponential rate. Some of them are miniaturized, and can, therefore, be introduced in large numbers in buildings, e.g. in concrete mix castings, to provide tensile stress information. The sensors send their information and connect to each other wirelessly; the gathered information process-

ing is based on a Big Data approach. The use of sensors is, therefore, a hot topic nowadays; it supports an innovative development area in the building design and construction industry (Internet of Things, IoT). Sensor systems display considerable similarities to auto-poietic neural systems (Neural Network, NN), which are also based on information interconnections. Cloud, IoT sensors and Big Data Analytics are some of the enabling technologies of Industry 4.0, whose cornerstone are the so-called cyber-physical systems (CPS). These are tightly interconnected physical and information systems which can constantly interact and co-operate with other CPSs and with their environment. Such systems consist of elements with computational, communication and control capabilities. In order to fully exploit the technolo-

mutua interconnessione e ricorsività, a partire dal progetto di dettaglio fino alla realizzazione del manufatto. Il merito dello studio consiste nell'aver descritto un'architettura informativa tra operatori *on-site* basata sull'*Information Technology* (IT). Tuttavia il sistema potrebbe essere adattato anche a processi *off-site*. Nel modello è possibile ravvisare il limite della non inclusione di ulteriori processi quali il FM, o la decostruzione, essendo l'ipotesi confinata alla sola fase costruttiva. Pertanto il sistema di processi è suscettibile di ulteriori implementazioni.

Trasmissione dell'informazione e processo costruttivo nell'Industria 4.0

Quanto finora descritto sostiene la tesi che il cantiere sia il luogo in cui non si decidono solo le modalità esecutive ma si affina anche quelle progettuali costruttive.

Il cantiere, quale luogo produttivo, si estende all'intera catena di fornitura, sviluppandosi spazialmente e logisticamente al di fuori del sito di costruzione e ha natura sistemica. La digitalizzazione dell'Industria 4.0 promette di connetterne i vari luoghi. Il cantiere interconnesso non può che interpretarsi quale sistema di sistemi.

Tutto ciò che accade nel cantiere, è fortemente condizionato da quello che accade al di fuori di esso. L'ipotesi è quella di allargare la concezione del modello integrato all'intera catena di fornitura, «mettendo a sistema *Expediting, Delivering e Construction*: ciò significa dispiegare, entro una medesima piattaforma, BIM, GIS, *Fleet Management*» (Ciribini, 2016), instaurando una relazione sistemica tra il componente dotato di sensori e il cantiere di destinazione. Ciò si attua facendo ricorso alle tecnologie dell'Industria 4.0 le quali, se estese al campo di applicazione del processo

gies provided by the Industry 4.0 paradigm, the detailed design phases need not only to focus on product design, but also on developing the technology to be embedded into it to allow gathering and readying field data.

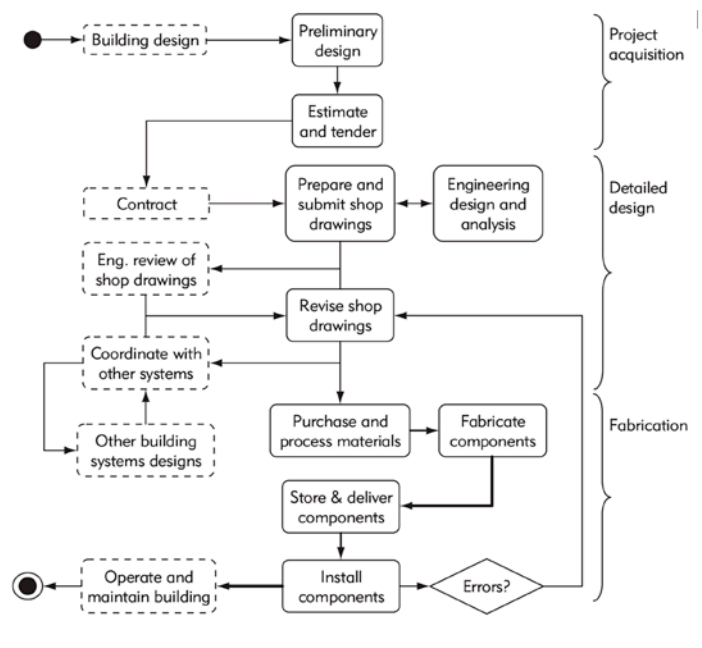
Design and complexity management

Within the production processes, IoT is exploited by digital production, too. This allows producing building elements which are digitally described on an actual scale by means of automated technologies such as Computer Numerical Control (CNC), Computer Aided Manufacturing (CAM), etc. In the construction industry, this is a game-changer both at the design stage (data production) and at the manufacturing stage (processing of materials). Digital manufacturing allows virtual reality and physical reality to be directly tied to each other. Information,

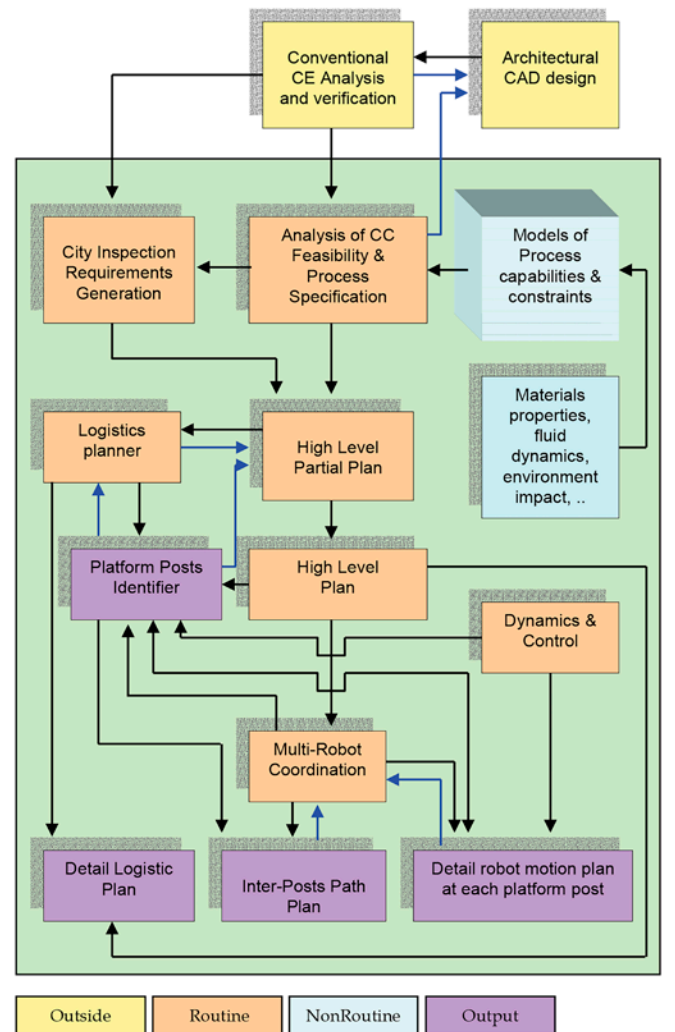
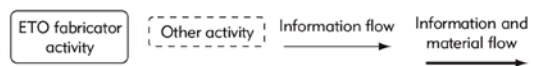
data and procedures can be associated with as-built architectures, and vice versa. Never before could designers be directly tied up to physical manufacturing in construction processes.

Discussions are currently focusing on the effectiveness of design data transmission in view of the upcoming IoT and automation of construction processes, in line with the development of Industry 4.0. Indeed, design processes are constantly evolving, as shown by the innovations repeatedly introduced over time, such as project, knowledge and communication digitizations (Cattaneo et al., 2017).

In this framework, data transmission and management become crucial. Data need to be accessible as quickly and easily as possible to personnel, machines and IoT components. Projects need, therefore, to be drawn up according to a new set of "grammar



LEGEND



del *Construction Management*, danno luogo al cantiere cognitivo in cui la produzione di pezzi unici in fabbrica può avvenire in sincronia con le condizioni effettivamente rilevate sul cantiere. Alcune lavorazioni potrebbero essere automatizzate. Una strategia operativa di trasmissione dei dati di progetto potrebbe consistere nel conferire valore aggiunto al rapporto tra operatori e macchinari grazie al *Machine Learning*.

Gli studi condotti da Giulio Brugnarò e Sean Hanna (2018) della Bartlett School of Architecture UCL dimostrano che, combinando la fabbricazione robotica con diverse strategie di *sensing* e tecniche di apprendimento automatico, le macchine denotano notevoli capacità di mimesi delle lavorazioni manuali eseguite dall'uomo. Nell'applicazione del *Machine Learning*, all'operatore umano è ancora demandata l'interpretazione dei requisiti di progetto e l'esecuzione delle lavorazioni. Le macchine apprendono e replicano per imitazione. Pertanto il medium comunicativo è ancora *human-oriented* (Fig. 5).

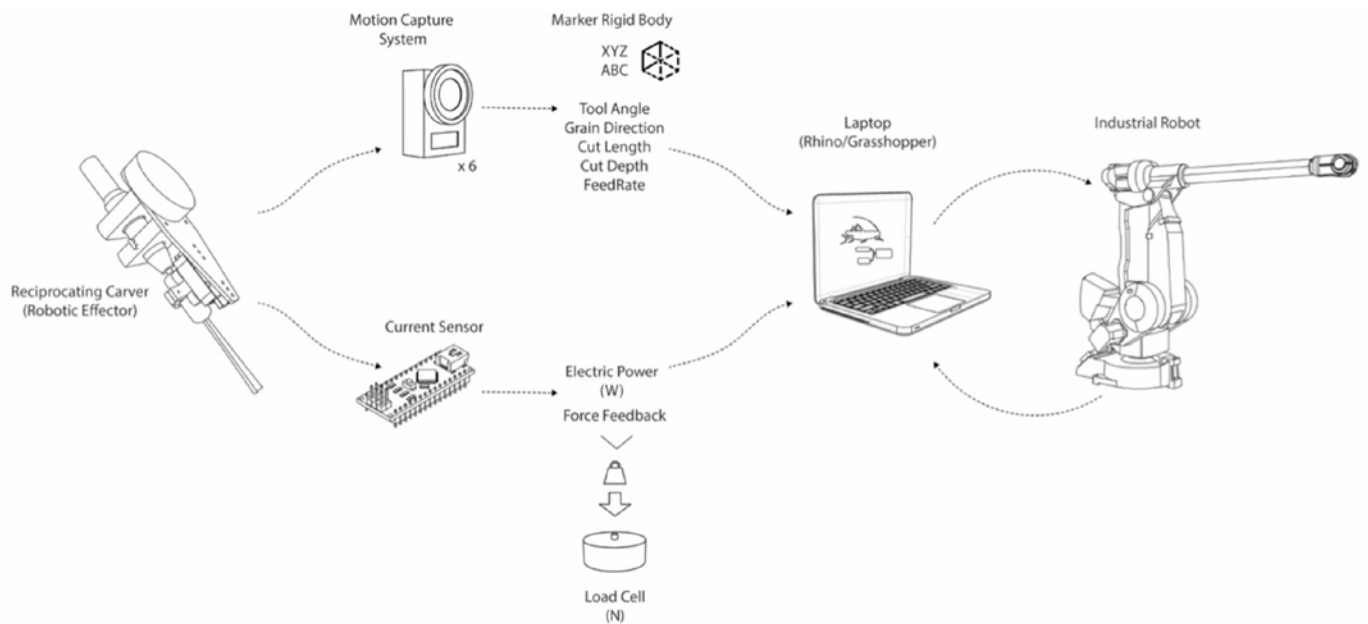
Nelle metodologie *process-oriented*, le nuove tecnologie, pur consentendo di poter realizzare oggetti superando la manualità umana, costringono il progettista a cambiare paradigma comunicativo. Da ciò deriva la necessità di adattare il medium comunicativo all'intelligenza artificiale a cui vengono impartite istruzioni operative. A tal riguardo si rimanda agli studi condotti dai ricercatori dell'ETH di Zurigo, incentrati sull'automazione dei processi additivi, da cui è tratta l'illustrazione (Fig. 6) che riporta l'esempio di un diagramma di flusso che descrive la trasmissione e l'elaborazione delle prescrizioni tecniche di dettaglio, dal progetto alla fabbricazione (Gramazio et al., 2018).

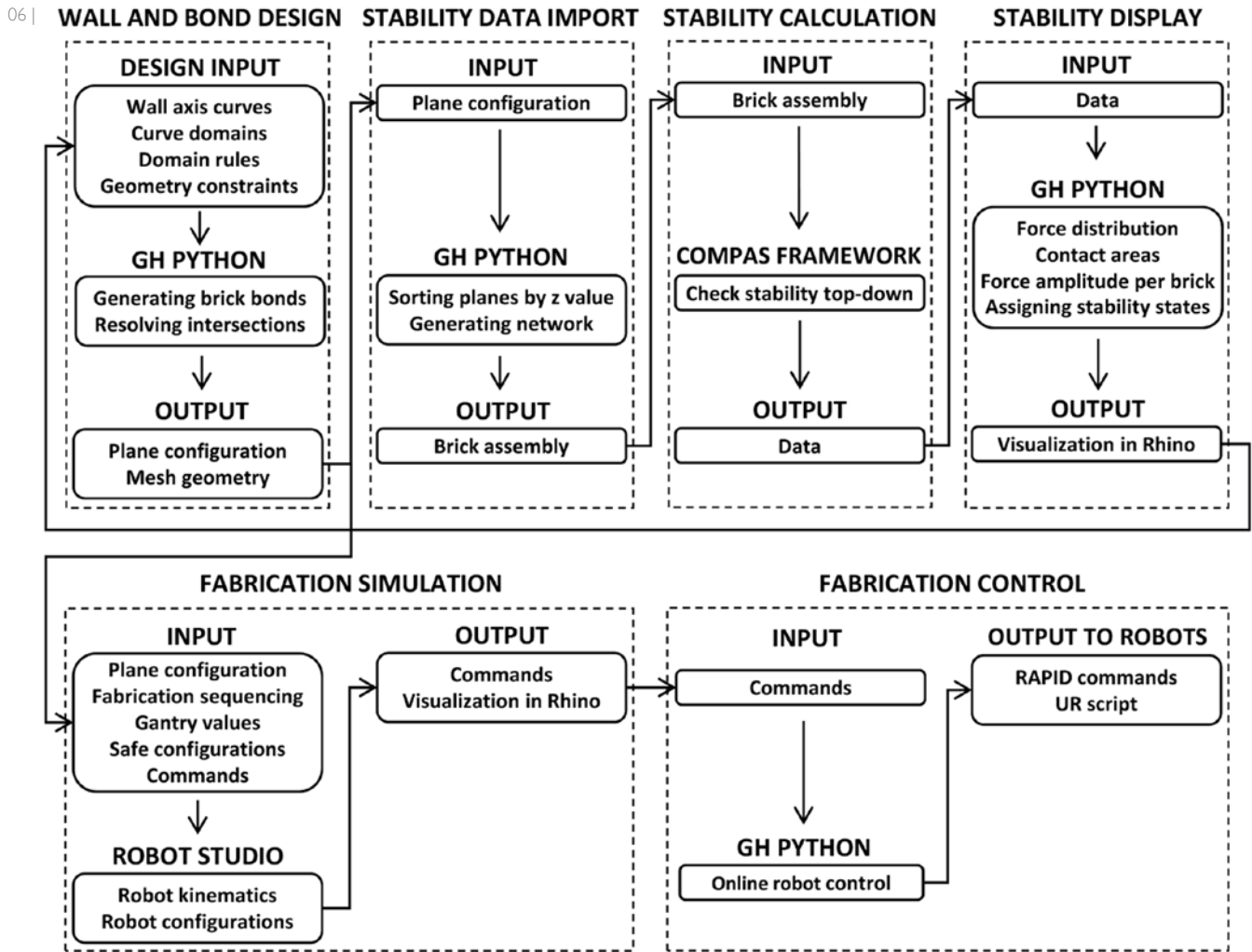
Il modello informativo integrato dei processi

Nel settore manifatturiero si sta affermando l'impiego di sistemi PLM (*Product Lifecycle Management*) in grado di gestire le informazioni riguardanti la progettazione e la produzione e, grazie alla connettività dell'Industria 4.0, anche il ciclo di vita del prodotto.

Anche nel settore delle costruzioni, in analogia, si possono adottare sistemi informativi integrati compatibili con sistemi ciberfisici e IoT, al fine di gestire la complessità del processo edilizio. I vantaggi conseguenti sono facilmente riscontrabili, ad esempio, nel controllo della coordinazione dimensionale di componenti. Si consideri la posa di moduli di rivestimento di facciata che gravano su una struttura deformabile. Occorre produrre moduli di dimensione progressivamente maggiore per compensare le deformazioni riscontrate. In questo caso la produzione dei componenti si perfeziona mano a mano che la costruzione procede. Ne consegue un approccio adattivo della produzione che supera la necessità di definire univocamente il progetto esecutivo o costruttivo e che consente il raggiungimento di economia di tempi e costi, maggiore flessibilità, riduzione degli interventi non pianificati, affinamento della programmazione e risparmio di risorse economiche, a beneficio della qualità attesa. Tale approccio consente di evitare criticità che potrebbero riverberarsi nel tempo anche nel FM. Ciò rafforza il proposito di superare la corrente concezione di progetto slegato dalla produzione e dal montaggio.

Si va oltre il concetto più avanzato di modello informativo che oggi si sta diffondendo. Ad esempio il BIM tende a prevedere, in





rules” allowing the building process complexity to be managed. Such complexity can, for instance, be appreciated from the typical information and product flow diagram of Engineered To Order (ETO) element production (Fig. 3), which is a special instance of the building process (Eastman et al., 2011).

Dr. Behrokh Khoshnevis (2004), from the University of Southern California, proposed a solution aimed at managing the inherent complexity of an innovative building process such as Contour Crafting (CC). This is a specific case of Additive Manufacturing, an enabling technology for Industry 4.0. Dr. Khoshnevis’s model (Fig. 4) breaks down the process into subroutines which are mutually interconnected and recursive from detailed design to construction completion. The main strength of the study lies in

the description of an information architecture based on Information Technology (IT) among on-site operators. The described system could, however, be adapted to off-site processes, too. The model suffers from a limitation, as it does not include further processes such as FM or dismantling, since it is limited by assumption to the construction phase alone. The process system can, therefore, be developed further.

Information transmission and building process in Industry 4.0

What described so far supports the idea that building sites are places where decisions are made not only about implementation methods, but also concerning design and construction practices. As places of production, they span the entire supply chain, extending in space and logistics beyond the construction area, and have a systemic nature. The

digitization inherent in Industry 4.0 holds the promise to connect all of the different involved places. The interconnected building site can’t but be seen as a system of systems.

All that takes place within the building site is heavily affected by what happens outside it. It is, therefore, suggested to expand the integrated model framework to the entire supply chain, so that «Expediting, Delivering and Construction are taken to the system level, thereby deploying BIM, GIS and Fleet Management within the same platform» (Ciribini, 2016). This approach also introduces systemic relationships among the sensor-equipped elements and the building sites where they are to be used. To this end, Industry 4.0 technologies are adopted. Once they are introduced in the application area of the Construction Management process, such technologies give rise to cog-

nitive worksites, where the production of unique elements at factory-level can be synchronized with the actual conditions existing at the building sites.

Some manufacturing activities could be automated. A suitable operating strategy for project data transmission could consist of adding value to man-machine relationships through Machine Learning.

The studies performed by Giulio Brugnaro and Sean Hanna (2018), from the UCL Bartlett School of Architecture, show that with suitable combinations of robotic manufacturing, sensing strategies and machine learning techniques machines display considerable capacities to mimic manual activities carried out by human operators. In Machine Learning, operators are still in charge of interpreting project requirements and of carrying out manufacturing activities.

fase di progetto, il massimo dettaglio descrittivo che è possibile controllare, tuttavia non è ancora pienamente codificato il suo grado di integrazione e di interazione con i processi di cantiere. Pertanto è stato possibile sviluppare un modello integrato per il governo dei processi (IDP, CM, FM, etc.) al fine di gestire e conservare le informazioni, ottimizzare le operazioni e monitorare le prestazioni nel tempo. A tal fine il contributo presenta il Modello Informativo Integrato dei Processi (*Processes Integrated Information Model*, PIIM) che interconnette l'*Integrated Design Process* (IDP), il *Construction Management* (CM), il *Facility Management* (FM) con la gestione documentale (*Document Management*), abbracciando l'intero processo edilizio.

Il Modello descrive un *kernel* caratterizzato da capacità computazionale, memoria e *data sharing* che comprende un archivio digitale delle informazioni, connesso con i sistemi ciberfisici e sottoposto alla supervisione e al controllo dell'operatore umano (Fig. 7).

Nell'IDP si tiene traccia dello sviluppo ricorsivo e dell'affinamento del progetto (*Level Of Detail*, LOD) dalle fasi del *Preliminary Design* a quelle del *Detailed Design*, *Construction Design* e *Operative Design*, sfruttando l'architettura informativa BIM.

Nel CM il *kernel* interconnette e gestisce, mediante la sensoristica e le tecnologie IoT, tutti i processi di costruzione, tra cui i processi automatizzati *off-site* e *on-site*, la logistica di cantiere, la sicurezza, il monitoraggio ed il controllo ambientale. La gestione del CM è implementabile con ulteriori processi.

Machines learn and repeat these by imitation. Therefore, the communication medium is still human-oriented (Fig. 5).

In process-oriented methodologies, the new technologies force designers to change their communication paradigm, although they allow objects to be manufactured beyond human manual skills. The communication medium needs, therefore, to be adapted to the artificial intelligence elements receiving the operating instructions. In this regard, reference is made to the studies performed by ETH Zurich researchers, which focus on additive process automation. The following chart (Fig. 6) is taken from such studies. It is an example of a flow chart describing the transmission and processing of detailed technical specifications, from design to fabrication (Gramazio *et al.*, 2018).

The Processes Integrated Information Model

Product Lifecycle Management (PLM) systems are gaining ground in the manufacturing industry. They can manage all design and manufacturing information. Thanks to Industry 4.0 connectivity, they are increasingly able to manage product lifecycle information, too.

By analogy, the building industry is also open to the adoption of integrated information systems compatible with IoT and cyber-physical systems, in order to handle the building process complexity.

Clear benefits can, for instance, be anticipated in the field of component dimensional control and co-ordination, such as in the layout of façade cladding modules resting on a deformable structure. Modules of increasing dimension need to be manufactured,

Nel FM il *kernel* monitora e gestisce, mediante la sensoristica, il comportamento prestazionale dell'edificio, la logistica, la sicurezza in fase di esercizio e conserva e aggiorna il progetto *as-built*. Quest'ultima esigenza è giustificata dal modificarsi dell'edificio nel corso della propria vita utile e dalla necessità di tenerne traccia. Il modello informativo che ne deriva può originare un "libretto dell'edificio", contenente informazioni significative in relazione all'esercizio dell'opera assieme alla programmazione e agli esiti delle operazioni manutentive, al fine di garantire la qualità prestazionale nel tempo.

Attraverso il *kernel* è inoltre possibile effettuare la gestione documentale, estraendo tutti i documenti inerenti il fabbricato in formato digitale e analogico.

Prospettive e possibili approfondimenti della ricerca potrebbero riguardare l'implementazione del modello mediante l'integrazione di ulteriori processi. Un'altra possibilità consiste nello sviluppo di *cluster* di sistemi integrati, al fine di monitorare il patrimonio edilizio per incrementarne il livello di conoscenza e consentire l'elaborazione di *Big Data* per attuare misure di efficientamento prestazionale a diversa scala. Un ulteriore approfondimento merita il tema della *cyber security* applicata alla gestione del processo edilizio. I limiti ravvisati nel modello consistono nell'imprevedibilità di taluni accadimenti di natura tecnologica, ambientale, organizzativa, etc. in grado di perturbare il sistema e i processi subordinati.

to make up for the measured deformations. In this case, component manufacturing gets refined as the construction work progresses.

An adaptive approach to production, therefore, ensues, which by-passes the need to unambiguously define the entire executive and construction design at the outset. This in turn enables time and cost savings, greater flexibility, unplanned work reductions, planning refinements and financial resource savings, to the advantage of the expected quality. This approach does away with criticalities which may propagate in time up to the FM. This strengthens the goal of going beyond the current framework, whereby design activities are uncoupled from manufacturing and assembly ones.

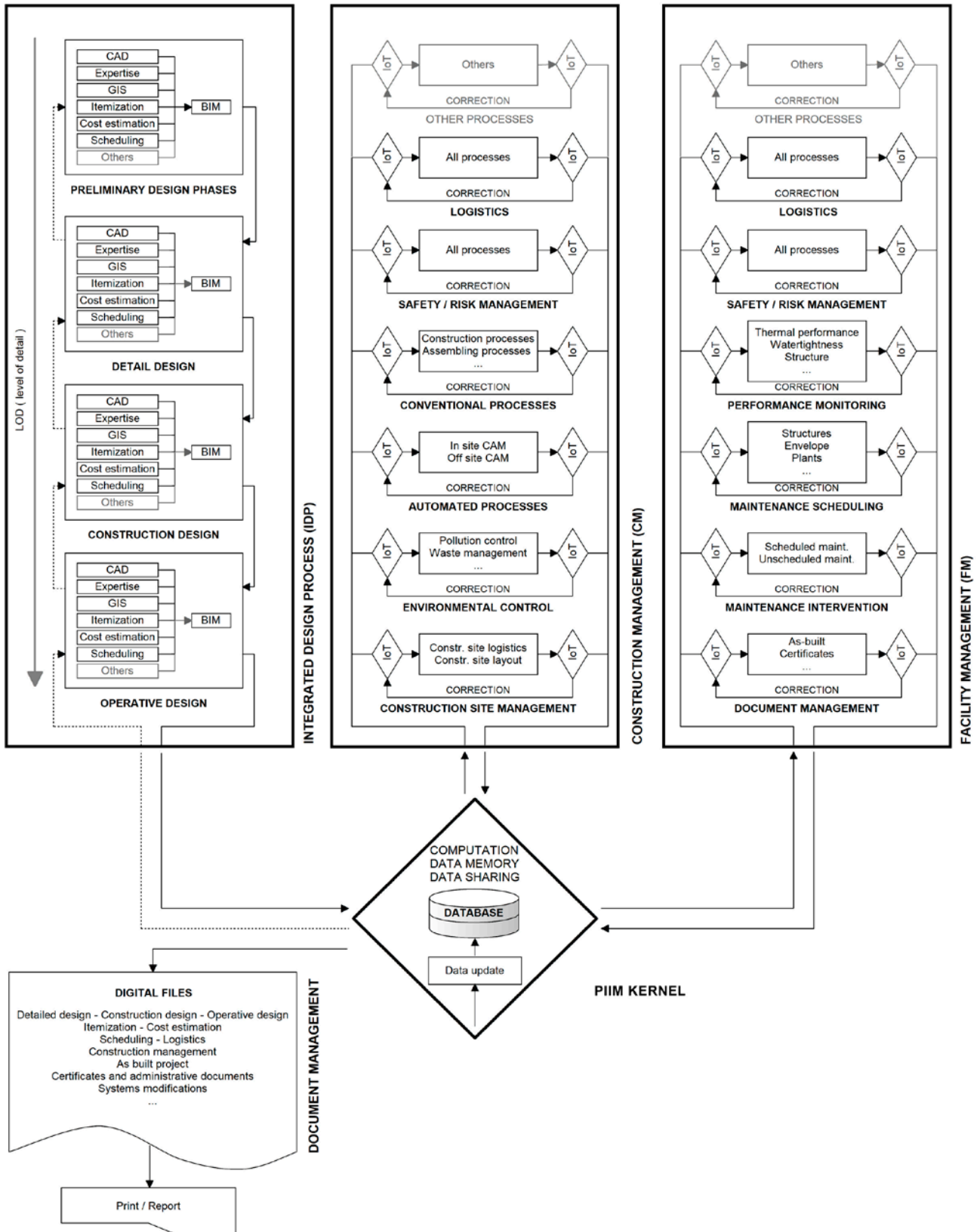
We go beyond the most advanced information model framework currently gaining ground. At the design

stage, BIM tends, for instance, to aim at the finest description detail that can be controlled. However, the extent of its integration and interactions with building site processes isn't fully defined.

An integrated model could, therefore, be developed for (IDP, CM, FM, etc.) process management, with the aim of managing and storing information, optimizing operations and monitoring performance over time. This paper, therefore, introduces the Processes Integrated Information Model (PIIM), which interconnects Integrated Design Process (IDP), Construction Management (CM) and Facility Management (FM) with Document Management, thereby spanning the entire building process.

The PIIM model describes a kernel characterized by computing, memory and data sharing capabilities, including

PROCESSES INTEGRATED INFORMATION MODEL (PIIM)



REFERENCES

- Bardelli, P.G. (1994), "Una interpretazione del concetto di progettazione integrale per edilizia", in Cavaglia, G. (Ed.), *Lecture Tecnologiche*, Edizioni Scrittorium, Torino, pp. 53-63.
- Bennet, J. (2000), *Construction the third way: Managing Cooperation and Competition in Construction*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.
- Brugnaro, G. and Hanna, S. (2018), "Adaptive Robotic Carving: Training Methods for the Integration of Material Performances in Timber Manufacturing", in Block, P., Byrne, K., Hutter, M., Schork, T. and Willmann, J. (Eds.), *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018*, Proceedings of the ROB|ARCH 2018, Springer Nature Switzerland AG, Cham, CH, pp. 337-348.
- Cattaneo, L., Cerri, D. and Terzi, S. (2017), "Industria 4.0: una rivoluzione anche nella progettazione", available at: <https://www.industriaitaliana.it/industria-4-0-una-rivoluzione-anche-nella-progettazione/> (accessed 3 February 2019).
- Ciribini, A.L.C., (2016), "Cantieri Digitali, BIM, 4.0", available at: <http://www.bollettinoadapt.it/cantieri-digitali-bim-4-0/> (accessed 16 February 2019).
- Eastman, C., Liston, K., Sacks, R. and Teicholz, P. (2011), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, US.
- Gramazio, F., Jenny, D., Kohler, M., Mayer, H., Parascho, S. and Piškorec, L. (2018), "The Brick Labyrinth", in Block, P., Byrne, K., Hutter, M., Schork, T. and Willmann, J. (Eds.), *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018*, Proceedings of the ROB|ARCH 2018, Springer Nature Switzerland AG, Cham, CH, pp. 490-500.
- Khosnevis, B. (2004), "Automated Construction By Contour Crafting - Related Robotics and Information Technologies", *Automation in Construction*, Special Issue: The best of ISARC 2002, Vol. 13, Issue 1, January 2004, pp. 5-19.

a digital information archive connected to the cyber-physical systems and subject to human operator supervision and control (Fig. 7).

By exploiting the BIM information architecture, the IDP keeps track of project recursive development and refinement (Level Of Detail, LOD) from Preliminary Design to Detailed Design, Construction Design and Operative Design.

Within CM, the kernel interconnects and manages all construction processes by means of sensors and IoT technologies. Such processes include off-site and on-site automated activities, building site logistics and safety, as well as environmental monitoring and control. CM management can be implemented by means of further processes.

Within FM, the kernel monitors and manages, with the help of sensors,

buildings' performance, logistics and safety over the operational phase. It also saves and updates the as-built project, as required by the changes undergone by buildings over their operating lives and by the need to keep track of them. The described information model can generate a "building logbook" containing relevant information about the building operation, as well as maintenance work schedules and results, in order to guarantee the building performance level over time. The kernel also allows document management by retrieving all the building-related documents in digital and analogue format.

Further research developments and activities may involve the implementation of the described model by integrating further processes. A further possibility is the development of integrated system clusters. These could

be aimed at monitoring the existing building stock in order to expand the associated knowledge base and allow Big Data with a view to implementing performance-enhancing measures at various scales. The use of cyber security in the management of building processes is also worth further research work. The model identified limitations have to do with the unforeseeable nature of some technological, environmental, organizational events, and so on, which can disrupt the system and the underlying processes.

Filippo Angelucci, Michele Di Sivo,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi G. d'Annunzio di Chieti-Pescara, Italia

filippo.angelucci@unich.it

michele.disivo@unich.it

Abstract. La concezione autoriale e chiusa dell'edificio è oggi insufficiente per fronteggiare la variabilità delle esigenze e modalità dell'abitare.

Nella visione linearizzante del processo costruttivo, la progettazione esecutiva è spesso limitata alla traduzione di idee progettuali in elaborati di cantiere. Si esclude così la possibilità di definire un più ampio quadro di coerenze co-evolutive fra ideazione, costruzione e adattamento dell'opera alle imprevedibilità funzionali, sociali ed economiche.

Ripensare modalità, contenuti e finalità del progetto esecutivo costituisce un'importante sfida per estendere la sopravvivenza dell'opera che, prima ancora della sopravvivenza di un'idea o di una forma, è elemento fondamentale per la sostenibilità sociale, ecologica ed economica del fare architettura.

Parole chiave: Processo progettuale; Metamorfosi ambientale; Co-evoluzione; Antifragilità; Adattabilità.

L'ampiata capacità umana raggiunta nel condizionare l'ambiente a scala locale e globale, attraverso gli effetti delle azioni tecniche, rende oggettivamente accertabile l'appartenenza dei nostri tempi alla cosiddetta fase antropocenica (Zalasiewicz *et al.*, 2017). Nelle società occidentali, i caratteri dell'antropocene si manifestano anche nel sistema produttivo degli edifici in cui si tende ad assimilare sempre più l'atto costruttivo a mera definizione di oggetti al singolare, ad altissime prestazioni, ma tendenzialmente compiuti, chiusi e dal ciclo di vita breve.

Loggettualizzazione dell'edificio contribuisce a far perdere al costruito edilizio la sua connotazione di architettura. Essa fa emergere la necessità di ripensare anche le modalità di progettazione e le finalità delle attività costruttive, per uscire dalla spirale del fare solo operativo, del produrre per il produrre, del dominio dei mezzi sui fini (Emery, 2011). È un ripensamento non del progetto, ma del progettare che è oggi chiamato a rispondere anche alla variabilità delle condizioni ambientali che interferiscono con la

forma e la materia del costruito: gli effetti indotti dai cambiamenti climatici, la velocità delle innovazioni tecnologiche, l'instabilità degli assetti produttivi e lavorativi, l'ibridazione delle culture e delle pratiche abitative.

Anche la progettazione esecutiva potrebbe assumere capacità innovative nel processo di definizione della qualità dell'architettura, riferendosi non solo alla costruzione dell'opera.

Nella condizione contemporanea di metamorfosi continua dell'architettura rispetto al proprio contesto ambientale, si prospettano ambiti di sviluppo progettuale esecutivo che riguardano sia il governo delle coerenze dinamiche tra fase ideativa, costruttiva e di esercizio, sia le capacità dell'edificio di assumere, con e dopo la sua costruzione, assetti relazionali mutevoli con l'ambiente naturale e artificiale, indagando connessioni interattive interrotte e potenzialmente riattivabili con gli utenti (Vittoria, 1987).

Tale visione del progettare esecutivo, soffermandosi sulle implicazioni costruttive nello spazio, nel tempo e sugli usi dell'edificio, contribuirebbe a estendere la sopravvivenza dell'opera che, prima ancora della sopravvivenza di un'idea o di una forma, è elemento fondamentale per la sostenibilità sociale, ecologica ed economica del fare architettura.

Criticità da linearizzazione Il passaggio da una progettazione esecutiva univoca e chiusa a una visione plurale e aperta contrasta con la concezione lineare con cui spesso, soprattutto in Italia, si interpreta il flusso delle azioni progettuali. Sono almeno tre le linearizzazioni che hanno generato una unidirezionalità progettuale dalla scala più grande alla più piccola.

Designing for co-evolution

Abstract. An authorial and hermetic concept of buildings no longer responds to shifting contemporary needs and lifestyles. A linearizing vision of the building process tends to limit technical design to the simple translation of design considerations into construction drawings. Any possibilities to define a broader framework of co-evolving relations between ideation, construction and the possibility to adapt what we build to unpredictable functional, social and economic changes are set aside. Rethinking the methods, contents and objectives of technical design presents an important challenge for extending the survival of a building. More important than the survival of an idea or form, this is a key element of the social, ecological and economic sustainability of making architecture.

Keywords: Design process; Environmental metamorphosis; Co-Evolution; Antifragility; Adaptability.

Man's growing capacity to condition the local and global environment through effects induced by technology objectively demonstrates that we are living in the so-called Anthropocene epoch (Zalasiewicz *et al.*, 2017). The characteristics of the Anthropocene are manifest by Western societies also in the way buildings are made. There is a growing tendency to assimilate the act of building to the banal definition of individual objects that, despite high levels of performance, tend to remain complete, hermetic and with a short lifecycle.

This objectification of buildings tends to separate them from any relationship with architecture. It also reveals the opportunity of rethinking the way we design and why we build. There is a need to break free of the spiral of purely operative actions, producing to produce and the dominion of means over ends

(Emery, 2011). More than rethinking what we design, the time has come to review the process of design itself, now asked to respond also to changing environmental conditions that interfere with the form and materiality of what we build: effects induced by climate change, the speed of technological innovations, the instability of manufacturing and employment structures, the hybridisation of cultures and dwelling practices.

Technical design has the ability to play an innovative role in defining architectural quality by indicating not only how something is to be built.

In contemporary society architecture exists in a continual state of metamorphosis with respect to its environmental context. This suggests areas for the development of technical design linked to both the governance of dynamic coherencies between concept,

A. Linearizzazione normativa. Gli strumenti normativi susseguiti dagli anni '70 a oggi, nel superare la visione oggettual-estetizzante del prodotto edilizio ne hanno favorito anche un'eccessiva concezione "per parti". La scomposizione del sistema edilizio e dei suoi requisiti (UNI 8290-1/2) parcellizza il sistema tecnologico per entità tecniche ma lascia indefinito il sistema ambientale che andrebbe invece specificato nei suoi caratteri mutevoli (attività, usi, funzioni, condizioni, spazi). La distinzione netta fra elementi fisici dell'opera, aspetti spazio-funzionali e condizioni ambientali ha quindi prodotto e continua ad alimentare una contrapposizione tra fissità del contenitore edilizio e variabilità di contenuti e contesti.

B. Linearizzazione di metodo. Con l'impostazione tassonomica delle norme edilizie, anche i metodi progettuali hanno spesso assunto un'articolazione linearizzante. Gli approcci di tipo esigenziale-prestazionale (UNI 7867, 10838, 8289) hanno favorito la visione sistemica dell'edificio. La sequenza logica esigenze, requisiti, prestazioni si è dimostrata però lontana dal garantire una qualità architettonica integrata. La misurabilità dei gradi di rispondenza dell'edificio a necessità, comportamenti e usi di una società in evoluzione è stata spesso ridotta ad autovalutazioni e certificazioni di esclusiva natura quantitativa, protese a giustificare soluzioni conformi per profili di utenza standardizzati.

C. Linearizzazione procedurale. Anche la conduzione dell'iter progettuale ha sofferto di una riduzione a livelli verticalizzati dove la progettazione esecutiva costituisce l'atto finale. In quasi ventidue anni, né la definizione di progetto esecutivo della Merloni (L.109/1994 e s.m.i), né gli scopi dell'esecutivo indicati nei Protocolli Prestazionali del 2009, tantomeno l'articolazione dei livelli di progettazione nelle varie edizioni del Codice dei Con-

struction and operation, and the capacity for buildings to relate, during and after construction, to changing natural and artificial conditions. This can be achieved by investigating interrupted interactive connections with users that demonstrate the potential to be reactivated (Vittoria, 1987).

By exploring the spatial and temporal implications of construction together with how a building is used, this vision of technical design could help extend the survival of what we build. More important than the survival of an idea or form, this is a key element of the social, ecological and economic sustainability of making architecture.

Critical Aspects of Linearization

The passage from a univocal and hermetic process of technical design to a plural and open vision contrasts the linear nature often employed, above

all in Italy, to interpret the flow of the design process. At least three linearizations have generated the uni-directional nature of design, from the large to the small scale.

A. The Linearization of Regulations. By overcoming the object-aesthetic vision of construction, regulations introduced since 1970 also favoured an excessive conception "by parts". The decomposition of a building and its requirements (UNI 8290-1/2) breaks down the technological system into technical entities without defining the environmental system or specifying its changing characteristics (activities, flows, functions, conditions, spaces). This clear distinction between physical elements, spatial-functional aspects and environmental conditions has produced, and continues to sustain, an opposition between the fixity of a building-container and the variability

tratti Pubblici dal 2006 (D.Lgs. 163/2006) al 2018 (art. 23 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i) hanno però considerato le relazioni tra gradi di variabilità delle scelte esecutive, capacità dell'opera di adattarsi a mutazioni sociali, ambientali, tecnologiche e durabilità dell'edificio.

A queste modalità di linearizzazione si può contrapporre una declinazione più ampia della progettazione esecutiva, recuperando relazioni con spazi, tempi e usi dell'architettura.

Per un esecutivo co-evolutivo

La concezione autoriale e chiusa dell'architettura è oggi sempre più incapace di prospettare soluzioni adeguate per affrontare fattori di incertezza di prodotto (complessità/variabilità tecnica e prestazionale) e di processo (numerosità/variabilità degli attori che definiscono, realizzano e utilizzano l'opera) (Mecca e Masera, 2002). Per usare i termini di Beck, nella società contemporanea, caratterizzata da un'estrema variabilità dei modi di pensare, abitare, consumare e lavorare, non è più sufficiente considerare le nozioni di cambiamento e trasformazione, ma adottare il concetto di metamorfosi in un ambiente in continua transizione (Beck, 2016).

Anche nella progettazione esecutiva è più pertinente parlare di metamorfosi. Il concetto di metamorfosi si presta a traslare le informazioni progettuali – dagli studi di fattibilità al definitivo – in più scenari esecutivamente attuabili nella vita di esercizio dell'opera.

La progettazione esecutiva può assumere così valenza co-evolutiva per estendere il concetto di 'unità progettuale' del Codice dei Contratti Pubblici (art. 3, ggggg-ter) oltre il «mantenimento, nei tre livelli di sviluppo della progettazione, delle originarie

of its content and contexts.

B. The Linearization of Method. A taxonomic approach to building codes has often caused design methods to assume a linearizing structure. Performance based approaches (UNI 7867, 10838, 8289) have favoured a systemic vision of the building. The logical sequence of needs, requirements, performance has however proven largely incapable of assuring integrated architectural quality. The measurability of how a building responds to the needs, behaviour and uses of an evolving society has often been reduced to exclusively quantitative self-evaluations and certifications, intent on justifying solutions that match standardised user profiles.

C. The Linearization of Procedure. The design process has also suffered from a reduction to verticalized levels that present technical design as the final

act. Over the course of almost twenty-two years, neither the definition of this phase of design by the Merloni Law¹ (n. 109/1994 as amended), nor the objectives of technical design indicated in the 2009 *Protocolli Prestazionali* (Performance Protocols), nor even the articulation of the levels of design found in various editions of the *Codice dei Contratti Pubblici* (Code of Public Contracts) from 2006 (Legislative Decree n. 163/2006) to 2018 (art. 23 of Legislative Decree n. 50/2016 as amended) ever considered the relations between levels of variability in choices made during this stage, the capacity of a building to adapt to changing social, environmental and technological conditions and the longevity of what we construct.

These methods of linearization can be set against a broader definition of technical design that recovers relations

caratteristiche spaziali, estetiche, funzionali e tecnologiche del progetto», spingendosi a configurare un organismo abitativo che si sviluppa nello spazio-tempo secondo un «principio unificatore delle parti nel tutto» (Guazzo, 1976). Usando le parole di Nicholas Taleb, è necessario prevedere più gradi di ridondanza per essere “antifragili” di fronte alle imprevedibilità (Taleb, 2012), lasciando aperte opportunità per supportare le robustezze del costruito, abilitare capacità di adattamento delle persone, favorire correzioni nel ciclo di vita dell'edificio.

Alcuni modelli alternativi permettono di superare la concezione lineare dell'iter progettuale, riorientandone i contenuti esecutivi in senso co-evolutivo, unificatore e antifragile.

Nei modelli tri/tetra-angolari si predilige una visione relazionale in cui la progettazione esecutiva è collocata al centro di diversi gradi d'interazione materiali (filieri di produzione, componenti, sistemi) e immateriali (fasi pre-esecutive, programmazione, controlli) (Figg. 1a, 1b). Nella loro declinazione più inclusiva, questi modelli considerano le interazioni ambientali, sociali, economiche e psicologiche. La rottura della sequenza lineare, dalle attività di analisi alla costruzione, contribuisce ad affrontare le imprevedibilità della realizzazione e, ove possibile, a coinvolgere attivamente gli utenti con le loro capacità di cura, gestione e modificazione dell'edificio (Schmid, 1999; Emmitt, 2002).

Nei modelli circolari si tende verso una visione di processo, tendenzialmente ciclica, in realtà ad andamento spiroidale per la difficoltà di chiudere qualsiasi ciclo artificiale (Figg. 1c, 1d). Il processo costruttivo è in genere articolato in cinque fasi: prevede studi di pre-fattibilità prima della fattibilità/preliminare e distingue tra progettazione esecutiva e operativa, recuperando margini correttivi nella fase di realizzazione dell'opera. I modelli

circolari sono affiancati da una robusta attività gestionale secondo la logica *project cycle* che connette in una *logical framework* condizioni d'implementazione, obiettivi, risultati e controlli prestazionali, prevedendo un flusso continuo di feedback e verifiche *ex ante*, *in itinere* ed *ex post* (Emmitt, 2002; Bianchi e Di Michele, 2012).

I modelli reticolari prospettano invece una visione performativa basata sia sulla capacità di “dare forma, modellare” (nel senso più specifico del verbo latino *performare*) attraverso azioni progettuali-attuative, sia sulla capacità di “fornire una prestazione” (nel senso del verbo inglese *to perform*) mediante azioni esecutive-valutative (Figg. 1e, 1f).

Il progetto si relaziona con più sistemi essenziali (economici, sociali, culturali, organizzativi) e più fasi, sincroniche e diacroniche, di ideazione, valutazione e attuazione.

La progettazione esecutiva ricopre un ruolo centrale nel proiettare le idee progettuali verso scenari di realizzabilità, attuabili anche con tempistiche differenti e con il coinvolgimento di diversi attori (Emmitt, 2002; Di Battista, 2006).

In attesa di auspicabili miglioramenti degli strumenti normativi, legislativi e procedurali, questi modelli possono contribuire nel riorientare la progettazione esecutiva, i suoi contenuti e la sua collocazione nell'iter progettuale. Si tratta di riconoscere nella fase esecutiva la possibilità di mutare le risposte spaziali e tecniche dell'intervento costruttivo, individuandone qualità invariante e variabili, in grado di abilitare nell'organismo edilizio gradienti di co-evoluzione relazionale, di processo e performativa. Cambiano quindi non solo gli ambiti d'intervento e interazione della progettazione esecutiva, ma anche i ruoli e le competenze del progettista esecutivo che non risponde più all'esclusiva tra-

with the spaces, times and uses of architecture.

In Favour of Co-Evolving Technical Design

An authorial and hermetic concept of architecture is no longer capable of envisaging suitable solutions for dealing with factors of uncertainty linked to product (complexity/variability in technology and performance) and process (numerosity/variability in the number of actors defining, building and using a building) (Mecca and Masera, 2002). To quote Beck, in a contemporary society characterised by an extreme variability in ways of thinking, dwelling, consuming and working, it is no longer sufficient to consider the notions of change and transformation; we must adopt the concept of the metamorphosis of a constantly changing environment (Beck, 2016).

Speaking of metamorphosis in relation to technical design is also pertinent. The concept of metamorphosis lends itself to the translation of design information – from feasibility studies to design development – into multiple scenarios for technical design which can be implemented during the life of a building.

Technical design can assume a co-evolving value that extends the concept of ‘*unità progettuale*’ present in the *Codice dei Contratti Pubblici* (art. 3, ggggg-ter) beyond the «maintenance, during the three phases of development of a project, of the original spatial, aesthetic, functional and technological characteristics of the project». This co-evolving condition can enable the configuration of an inhabitable organism that develops in space-time based on a «unifying principle of parts in a whole» (Guazzo,

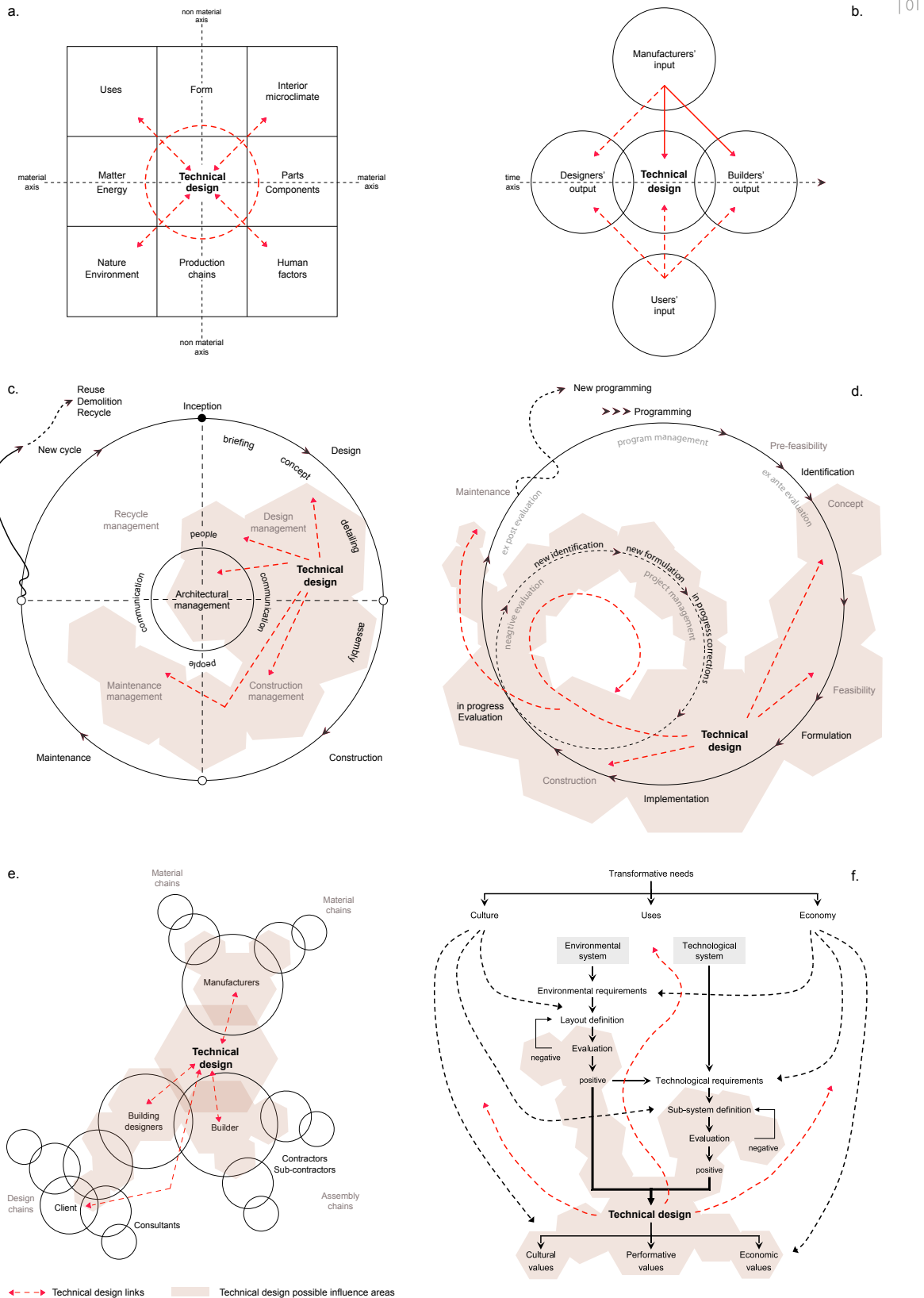
1976). As Nicholas Taleb tells us, there is a need to forecast additional levels of redundancy in order to become “antifragile” in the face of unpredictability (Taleb, 2012) and ensure opportunities to support the robustness of the built environment, enable capacities for human adaptation and favour corrections during a building's lifecycle.

Diverse alternative models offer the possibility to overcome a linear conception of the design process and redirect the content of technical design toward co-evolution, unification and anti-fragility.

Tri/tetra-angular models privilege a relational vision that positions technical design at the core of diverse levels of interactions that are both material (chains of production, components and systems) and immaterial (pre-technical design stages, programming, check-controls) (Figs. 1a, 1b). In their

most inclusive definition, these models consider environmental, social, economic and psychological interactions. Interrupting the linear sequence from analysis to the construction site helps confront unpredictable situations that arise during construction and, where possible, actively involve users who bring the capacity to care for, manage and modify a building (Schmid, 1999; Emmitt, 2002).

Circular models lean toward a tendentially cyclical vision of process that, in reality, is more of a spiroid given the difficulties in closing any artificial cycle (Figs. 1c, 1d). The construction process generally unfolds in five phases: pre-feasibility precedes the phase of feasibility/concept studies, while design is divided into technical and operative phases that allow for corrections during construction. Circular models are accompanied by a



duzione di dettaglio di idee progettuali formalmente definite *hic et nunc*.

Nei modelli tri/tetra-angolari il progettista esecutivo assume il ruolo di figura di coordinamento e raccordo che affronta le complessità attuative del progetto, soprattutto per opere di dimensioni contenute. Riprendendo un suggerimento di Renzo Piano, potrebbe essere una sorta di “*architetto condotto*”. Un progettista che opera attraverso il governo e lo sviluppo di relazioni costruttive per ricomporre fratture tra momento ideativo e produttivo (Del Nord, 1987) e per il quale potrebbe ipotizzarsi anche un coinvolgimento successivo per facilitare le fasi manutentive e di piccole modifiche.

Nei modelli circolari, il progettista esecutivo è un co-regista del processo costruttivo; parte integrante di un più ampio team che governa la progettazione e la gestione dell'intervento edilizio. Figura esperta quindi che opera nell'ambito di opere ad alta complessità, non solo in termini di riscontri quantitativi di management/marketing edilizio, ma anche per garantire risultati e coerenze percettive, valoriali e socioeconomiche del fare architettura. Anche per il progettista esecutivo co-regista può ipotizzarsi un ruolo nelle fasi operative di cantiere e successive alla realizzazione (manutenzione, *customization*, *upgrading*).

Nei modelli reticolari, il progettista esecutivo ricopre un ruolo di armonizzatore che, usando una metafora di McKenzie sui valori performativi, riguarda *performance* culturali, organizzative e tecnologiche. Il progettista esecutivo opera sull'efficacia e accettabilità del bene edificio rispetto ai valori culturali, sull'efficienza economico-gestionale del processo costruttivo e sul rendimento delle innovazioni tecnologiche negli usi abitativi. L'esecutività del progetto può essere considerata nel ciclo di vita dell'edi-

robust activity of management based on the *project cycle* approach that uses a *logical framework* to link conditions of implementation, objectives, results and performance controls, monitored by a continuous flow of feedback and verifications made *ex ante*, *in itinere* and *ex post* (Emmitt, 2002; Bianchi and Di Michele, 2012).

Reticular models, instead, envisage a performative vision based on the capacity to “give form, to model” (in the more specific sense of the Latin verb *performare*) through actions of design-implementation, and the capacity to “provide a service” (in the sense of the English verb *to perform*) through actions of implementation-evaluation (Figs. 1e, 1f).

Any project must deal with various performance systems (economic, social, cultural, organisational) and multiple phases, both synchronic and

diachronic, of ideation, evaluation and implementation. Technical design plays a central role in projecting design ideas toward concrete and feasible scenarios implementable at different times and involving different actors (Emmitt, 2002; Di Battista, 2006).

While awaiting a much hoped for improvement in norms, legislation and procedures, these models may help redirect the content and position of technical design within the overall design process. There is a need to recognise that technical design offers the possibility to modify spatial and technical conditions during construction. This can come about through the identification of invariable and variable qualities that can enable levels of relational co-evolution in process and performance. A similar approach modifies not only the areas of intervention and interaction of technical design, but also the

cio, valutando le conseguenze delle scelte costruttive nelle fasi di produzione, ristrutturazione e dismissione (Campioli, 2017). Con queste possibili competenze ampliate, per il progettista esecutivo si prospettano nuove questioni, fino a oggi rimandate in altre fasi di vita dell'edificio, successive alla realizzazione.

Ma l'imprevedibilità dei processi di modificazione dell'habitat antropico induce sempre di più a ritenere necessaria una riconsiderazione degli atti tecnici esecutivi entro un dominio più esteso del fare progettuale, ripartendo dalla concezione dell'intervento edilizio non come prodotto o risultato costruito, ma come ‘artefatto’ costruttivo, quindi fatto ad arte, che interferisce con più dimensioni spaziali, temporali e abitative del contesto.

Nuove questioni e sfide per la progettazione esecutiva

Il concetto di edificio come artefatto costruttivo rimanda all'idea di un fare architettura in cui

la progettazione esecutiva assume rilevanza centrale. Infatti, soltanto attraverso l'esplorazione progettuale dell'esecutività dell'opera si può ritenere conclusa e verificata la sfida iniziata con gli studi di prefattibilità e di ideazione preliminare. Questo assunto costituisce elemento fondamentale per distinguere tra l'edificio oggetto, chiuso e immobile nella sua fissità materica e valoriale e l'architettura dell'edificio, cioè l'insieme delle relazioni che permettono all'edificio di vivere, co-evolvere e rendersi ‘sostenibile’. Si possono così considerare tre questioni aperte entro le quali reinterpretare finalità e contenuti della progettazione esecutiva.

Il senso dello spazio è una prima questione. Il fare architettura attraverso le tecniche deve tornare a risultare dall'interazione dinamica fra culture materiali e contesto ambientale (Nardi, 1998). L'esecuzione a regola d'arte non può più essere ridotta all'osser-

roles and skills of the designer, no longer a figure dedicated exclusively to the translation into details of design ideas formally defined *hic et nunc*.

In tri/tetra-angular models, a technical designer coordinates and connects different questions to confront the complexities inherent to any project, above all in the case of smaller projects. Returning to a suggestion advanced by Renzo Piano, this figure becomes a sort of “*architetto condotto*”: a designer who governs and develops constructive relations in order to recompose fractures between the moments of ideation and production (Del Nord, 1987). It is also possible to imagine this figure's involvement in successive phases to facilitate maintenance and small modifications.

In circular models, the technical designer is a co-director of the building process; an integral part of a much

larger team governing the design and management of a building project. This figure is an expert operating in the field of highly complex projects, not only in quantitative terms of building management/marketing, but also to guarantee the results and coherence of the perceptive, value-based and in socioeconomic aspects of making architecture. A similar figure could also be involved during construction and successive phases of a building's life (maintenance, customization, upgrading).

In networked models, a technical designer plays a harmonizing role, to use a metaphor employed by McKenzie to discuss performance values, in this case linked to performance, cultural, organisational and technological values. In this case, the designer works with the efficacy and acceptability of a building with respect to cultural val-

vanza di modelli da manuale, né alla rispondenza a standard aziendali e tantomeno ad arbitrarie improvvisazioni soggettive. Con la progettazione esecutiva deve riavviarsi un processo “corale” di riappropriazione dello spazio da parte degli abitanti (Ratti, 2014) per estendere nel tempo le qualità costruttive e le prestazioni dell’architettura, incorporando nell’artefatto la capacità di co-evolvere in modo flessibile, per dirla con Baumann, rispetto alla liquidità delle mutazioni esigenziali, culturali, sociali ed economiche. Come altri processi progettuali, la fase esecutiva è destinata ad assumere valenza co-progettuale, per risolvere problemi abitativi e produrre senso negli spazi, attraverso l’attività di progettisti esperti e progettualità diffuse (Manzini, 2015). Il significato del tempo costituisce una seconda questione. Fino a oggi, la progettazione esecutiva (anche nella sua accezione estesa alla fase operativa) ha costituito la demarcazione netta fra tempo della costruzione e tempo di esercizio dell’opera. L’esigenza di stabilire relazioni tecniche e spaziali aperte con il mutare del contesto (normativo, culturale, ambientale, economico), richiede però più dimensioni temporali esecutive. La progettazione esecutiva dovrà incorporare la possibilità di implementare azioni di adattamento, personalizzazione, manutenzione trasformativa dello spazio abitativo (Nardi, 1998). Sarà importante riconsiderare l’attualità degli studi di Habraken, distinguendo tra soluzioni costruttive con ciclo di vita lungo (*hardware*) e altre passibili di modificazioni nel tempo medio-breve (*plug-in*) (Giallocosta, 2016). Per questo, sarà necessario prevedere le ricadute delle tecnologie costruttive nel tempo, in termini di processo, oscillando tra *technological foresight e assessment*: in modo non predeterminato, multidisciplinare, partecipativo e coordinato (Arnaldi, 2012).

ues, with the financial-management efficiency of the building process and the returns offered by technological innovations in residential programmes. The ‘construction’ of a project can be considered part of the building’s life-cycle. This means evaluating the consequences of decisions related to construction during the phases of production, renovation and decommissioning (Campioli, 2017). This amplification of the roles and responsibilities of the technical designer brings new questions, currently shifted to other phases in the life of a building that follow its construction. However, the unpredictability of the processes modifying the human habitat heightens the need to reconsider technical decisions and actions within a broader understanding of the design process. Building’s must be considered less of a product or result of construc-

tion, and more of a built ‘artefact’, made to measure, which intersects multiple dimensions of space, time and the inhabitation of a specific context.

New Questions and Challenges for Technical Design

The concept of a building as a built artefact is connected with an idea of making architecture in which the phase of technical design plays a central role. Indeed, it is only by exploring the design aspects of this phase that we can consider the challenge that begins with pre-feasibility studies and concept design to have come full circle. This assumption is fundamental to the distinction between a building that is hermetic and immobile in its material and value-based fixity and the architecture of a building, in other words, the set of relations that permit a building to live, co-evolve and be “sustainable”.

Una terza questione riguarda il valore degli usi abitativi. La visione dominante nello sviluppo esecutivo delle soluzioni costruttive, anche nella sua declinazione esigenziale-prestazionale, è riconducibile a una rispondenza ultra-mirata (*user centered*) o troppo generica (*universal centered*). Entro questa contrapposizione, la progettazione esecutiva riconferma un aspetto critico della modernità, come se gli abitanti finali non fossero in grado di decidere e attuare scelte progettuali. È invece necessario ristabilire una comunicazione tra progettista, costruttore e utilizzatore dell’architettura per superare il mito del progettista “grammatico-insegnante”, a favore di un progettista “interprete” di usi, esigenze e capacità costruttive degli abitanti (Friedman, 2003). In questa direzione, la progettazione esecutiva sarebbe in grado di determinare una condizione “conviviale” del fare architettura per favorire usi alternativi dello spazio (Ward, 2016).

Tali questioni permettono di evidenziare anche alcuni ambiti di innovazione strumentali, contenutistici e semiotici, tra loro fortemente interrelati, con i quali avviare una progressiva ri-articolazione della pratica della progettazione esecutiva.

Un primo ambito riguarda le modalità e potenzialità di impiego del *Building Information Modelling*. La natura della progettazione esecutiva, come processo di traduzione/interpretazione delle idee progettuali in un artefatto costruibile, necessita di operare con i BIM non enfatizzando l’ottica rappresentativa (il disegno dell’architettura), ma le sue capacità di governo integrato di un progetto aperto dell’architettura: attraverso il processo di modellazione, progettazione, costruzione, gestione e customizzazione dell’artefatto (Norsa, 2008; Esposito, 2018). Questo aspetto comporta importanti implicazioni di natura socio-tecnica. La digitalizzazione del ciclo progettuale, infatti, richiede non solo l’acqui-

We can consider three open questions for reinterpreting the final aims and content of the phase of technical design.

The first is represented by the meaning of space. The use of technologies to make architecture must once again result from the dynamic interaction between material cultures and the environment (Nardi, 1998). Building ‘to the rule of art’ cannot be reduced to the observance of models found in manuals, nor to the mere response to business standards or arbitrary subjective improvisations. Technical design must mark the return of a “choral” reappropriation of space by its inhabitants (Ratti, 2014) in order to extend the qualities of what we build and the performance of architecture over time. Built artefacts must incorporate the capacity to flexibly co-evolve, to quote Baumann, with respect to the liquid

nature of changing needs and cultural, social and economic conditions. Like other design processes, technical design is destined to assume the value of a process of co-design that helps resolve issues of dwelling and bring meaning to different spaces thanks to the activities of skilled designers and diffuse design practices (Manzini, 2015).

A second question is represented by the significance of time. To date, technical design (also in its most extensive definition, which includes an operative phase) has established a clear demarcation between construction and operation. The need to establish open technical and spatial relations with changing contexts (regulatory, cultural, environmental, economic) requires additional temporal dimensions for this final phase. Technical design must incorporate the possibility to im-

sizione di competenze tecniche per l'uso dei nuovi strumenti, ma soprattutto lo sviluppo di nuove abilità di progetto, per lavorare sulla qualità e finalità delle informazioni progettuali, orientandole verso ricadute innovative di ordine sociale, economico ed ecologico.

Il secondo ambito è individuabile nella mutata natura dei contenuti del progetto esecutivo. Si prospetta la possibilità di reinterpretare l'azione esecutiva dell'opera attraverso una proiezione di scenari desiderabili, probabili e possibili che incorporano informazioni in progress (BIM 4,5,6 e 7D) e azioni tecniche flessibili per rendere l'artefatto adattivo e in grado di rispondere a richieste qualitative in continua evoluzione: i Criteri Ambientali Minimi (*ante operam*, in corso d'opera e *post operam*) riguardanti soprattutto le prestazioni energetiche, gli impatti sul microclima e l'assetto idrografico, la qualità ambientale interna; le procedure di certificazione ambientale che ricoprono importanza sempre maggiore nelle dinamiche di transazione e variazione valoriale del mercato delle costruzioni; il settore dei protocolli ITACA regionali e delle linee guida locali per la classificazione e attribuzione di punteggi prestazionali su base valutativa multicriteriale. Il terzo ambito d'innovazione riguarda la necessità di progettare le dimensioni esecutive dell'artefatto, superando la logica dei dettagli tecnici e tornando a praticare l'esplorazione multiscale dei particolari architettonici. Infatti, è proprio attraverso la progettazione del particolare (che potrà contenere i dettagli esecutivi per la realizzazione) che si rende trasferibile, in termini multiscalari, il concetto di unità progettuale dell'artefatto dalle dimensioni più generali alle più specifiche.

Il progettare per particolari permette di ragionare sugli scenari esecutivi e co-evolutivi dell'artefatto edilizio per renderlo accet-

tabile in quanto compatibile con più tempi e livelli di modificazione (Sinopoli, 2002), attuarne una transitorietà verso condizioni future non ancora del tutto determinate e ottenibili (Bologna, 2002), modularne la materialità attraverso differenti registri (funzionali, diagnostici, metaforici, simbolici) di abilitazione delle relazioni umane (Buchli, 2013).

La reinterpretazione della fase esecutiva in senso co-evolutivo può quindi contribuire a ricostruire relazioni perdute nell'illusione della razionalizzazione a tutti i costi dello spazio, della velocizzazione esasperata dei tempi di appaltabilità e costruzione o della standardizzazione delle modalità d'uso di risorse, prodotti e spazi. Essa può altresì restituire centralità al fare progettuale euristico come ricerca di configurazioni che dovranno prevedere anche ripensamenti e riorganizzazioni dell'artefatto edilizio per rispondere alle esigenze mutevoli dell'abitare ed estenderne il ciclo di vita alle future generazioni (Nardi, 1998).

REFERENCES

- Arnaldi, S. (2012), "Anticipazione e scelte tecnologiche", in Arnaldi, S. and Poli, R. (Eds.), *La previsione sociale*, Carocci Editore, Roma, pp. 121-131.
- Beck, U. (2016), *The Metamorphosis of the World*, Polity Press, Cambridge, UK, pp.3-21, 115-125.
- Bianchi, A. and Di Michele, V. (2012), "Razionalizzazione del ciclo del progetto in Italia nel sistema dei contratti pubblici: 10 proposte d'impatto immediato", *Amministrazione in cammino*.
- Bologna, R. (Ed.) (2002), *La reversibilità del costruire*, Maggioli editore, Rimini, pp. 13-19.
- Buchli, V. (2013), *Anthropology of Architecture*, Bloomsbury Academic, London, pp. 137-156.

plement adaptations, customization, maintenance, and transformations of inhabited space (Nardi, 1998). One important action involves rethinking the value of Habraken's studies today, distinguishing between building solutions with a long lifecycle (*hardware*) and others that can be modified in the medium-short term (*plug-ins*) (Giallocosta, 2016). A similar approach requires that we forecast the impact of building technologies in terms of process oscillating between *technological foresight* and *assessment*: in a non-predetermined, multidisciplinary, participatory and coordinated manner (Arnaldi, 2012).

A third question has is linked to the value of building uses. The dominant vision employed during the development of construction details, also in terms of needs-performance, is either hyper-specific (*user centred*) or overly

generic (*universal centred*). In this condition of opposition, technical design reconfirms a critical aspect of modernity; inhabitants are considered incapable of deciding and making design-related decisions. Instead, it is necessary to re-establish a line of communication between the designers, builders and users of architecture in order to supplant the myth of the designer as a "grammar-teacher" with the notion of an "interpreter" of the uses, needs and building skills of inhabitants (Friedman, 2003). Moving in this direction, technical design should be capable of bringing about a "convivial" sharing of how we make architecture that favours alternative uses of space (Ward, 2016). These questions also allow us to emphasise various fields of innovation to instruments, content and semiotics that are strongly interrelated and serve to implement a progressive re-articula-

tion of how we approach the technical design phase.

A first model is linked to the methods and potentialities offered by *Building Information Modelling*. The nature of technical design as a process that translates/interprets design ideas to create a buildable artefact requires employing BIM without emphasising its representative aspects (architectural drawing), but instead its capacities to offer an integrated governance of an open approach to architecture: through the modelling, designing, construction, management and customisation of an artefact (Norsa, 2008; Esposito, 2018). This aspect has important socio-technical implications. The digitalisation of the design process entails not only the acquisition of technical skills required to use new tools, but above all the development of new design skills that make it possible to harness the quality

and final objectives of design information and obtain innovative social, economic and ecological effects.

The second area, linked to the changing content of technical design, envisages the possibility to reinterpret the active aspects of this phase by introducing projections of desirable, probable and possible scenarios that incorporate 'in-progress' information (BIM 4, 5, 6 and 7D) and flexible technical actions. The aim is to render an artefact adaptive and capable of responding to constantly evolving qualitative requests: Minimum Environmental Criteria (*ante operam*, during construction and *post operam*) linked above all to energy performance, impacts on microclimate and hydrographical conditions and indoor environmental quality; environmental certification procedures that occupying a growing level of importance in the dynamics of

- Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *Techn. Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol.13, pp. 27-32.
- Del Nord, R. (1987), "Il ruolo della tecnologia e della normativa tecnica nel processo di progettazione e di edificazione", in Gangemi, V. (Ed.), *Il governo del progetto*, Edizioni Luigi Parma, Bologna, pp. 18-26.
- Di Battista, V., Giallocosta, G. and Minati, G. (Eds) (2006), *Architettura e approccio sistemico*, Polimetrica, Milano, pp. 83-92.
- Emery, N. (2011), *Distruzione e progetto. L'architettura promessa*, Christian Marinotti Edizioni, Milano, pp. 183-231.
- Emmitt, S. (2002), *Architectural Technology*, Blackwell Science, London, pp. 3-59.
- Esposito, M.A. and Bosi, F.(Eds.) (2018), *Tecnologie del progetto di architettura. Rimodellazione di progetto e fabbricazione*, Dida Press, Firenze, pp. 123-145.
- Friedman, J. (2003), *L'architecture de survie. Une philosophie de la pauvreté*, Editions de l'éclat, Paris, pp. 17-72.
- Giallocosta, G. (2016), "Nikolaas J. Habraken: apporti e attualità di suoi contributi", in Perriccioli, M. (Ed.), *Pensiero tecnico e cultura del progetto*, FrancoAngeli, Milano, pp. 155-167.
- Guazzo, G. (1976), "La ricerca dei gradi di libertà nello spazio abitativo", in AA.VV., *Unità micro e macro-modulari per la costruzione dell'habitat*, Multigrafia Brunetti, Roma, pp. 13-21.
- Manzini, E. (2015), *Design when Everybody Designs. An Introduction to Design for Social Innovation*, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 29-54.
- Mecca, S. and Masera, M. (2002), *Il rischio nel progetto di costruzioni*, Edizioni ETS, Pisa, pp. 42-58.
- Nardi, G. (1998), *Percorsi di un pensiero progettuale*, CLUP, Milano, pp.43-48, 101-108, 251-261, 277-280.
- Norsa, A. (2008), "Domanda di management del processo edilizio e nuovi modelli di offerta", in De Santis, M., Losasso, M. and Pinto, M.R. (Eds.), *SIT-da. L'invenzione del Futuro*, Alinea Editrice, Firenze, pp.100-104.
- Ratti, C. (2014), *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*, Einaudi, Torino, pp. 108-125.
- Schmid, P. and Pa'l-Schmid, G. (1999), "A detail model", in Emmitt, S. (Ed.), *The Product Champions*, LMU, Leeds.
- Sinopoli, N. and Tatano, V. (Eds.) (2002), *Sulle tracce dell'innovazione*, FrancoAngeli, Milano, pp. 7-20.
- Taleb, N.N. (2012), *Antifragile*, Random House, New York, pp. 3-53, 309-335.
- Vittoria, E. (1987) "Progettare nell'incertezza", in Crespi, L. (Ed.), *La progettazione tecnologica. Argomenti di teoria e pratica del progetto in condizioni di complessità*, Alinea Editrice, Firenze, pp. 137-144;
- Ward, C. (2016), *Architettura del dissenso*, Eleuthera, Milano, pp. 19-26.
- Zalasiewicz J. et al. (2017), "The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations", *Science Direct*, Vol.19, pp. 1-60.

transition and changing values of the construction market; ITACA regional protocols and local guidelines for the classification and attribution of performance ratings based on multicriteria evaluations.

The third field of innovation is linked to the need to design aspects related to the scale and dimensions of the artefact, overcoming the logic of technical details and returning to a multi-scalar exploration of architectural details. Indeed, it is precisely the design of details (which may include construction details) that permit a multi-scalar transfer of the concept of the 'unità progettuale' of the artefact from the general to the specific scales of a project.

Designing by details makes it possible to advance considerations about technical and co-evolving scenarios of built artefacts to make them compatible with different times and levels of

modification (Sinopoli, 2002). Detailing technical design also permits to implement a transitory phase toward future conditions yet to be determined but obtainable (Bologna, 2002) and modulate their material conditions according to different registers (performance, diagnostic, metaphor or symbol) that enable human relations (Buchli, 2013).

A co-evolving reinterpretation of technical design may help rebuild relations lost to the illusion of the rationalisation of space at all costs, the exasperated acceleration of phases of procurement and construction or the standardisation of the way we use resources, products and spaces.

A similar action may also restore the centrality of a heuristic approach to design as the search for configurations that must foresee also the possibility to rethink and reorganise built arte-

facts in order to respond to changing lifestyles and extend lifecycle to serve future generations (Nardi, 1998).

NOTES

¹ In Italy, this law introduced some important changes in public works contracting. The law presented a coherent legislative framework in a single text and established a series of principles to regulate procedures. These included univocal definitions of different stages in the design process: *progetto preliminare* (concept design), *progetto definitivo* (developed design) and *progetto esecutivo* (technical design).

Massimo Perriccioli, Pietro Nunziante,
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

massimo.perriccioli@unina.it
pietro.nunziante@unina.it

Abstract. Il saggio si propone di delineare il contributo di Eduardo Vittoria alla definizione dei caratteri dell'attuale cultura tecnologica e ambientale del progetto di architettura, muovendo dalla disamina di tre edifici industriali progettati e realizzati tra il 1952 ed il 1970 per la Olivetti di Ivrea, ritenuti esemplari per la ricerca di un nuovo approccio metodologico nella evoluzione del processo progettuale, dall'idea costruttiva alla sperimentazione tecnologica. Il "pensiero progettante" di Vittoria, sempre sospeso tra le ragioni del fare e la tensione speculativa, si è sviluppato nell'arco di mezzo secolo, partendo da presupposti derivanti dalla conoscenza dei termini pratici e delle questioni operative con cui si era confrontato nel corso delle sue esperienze progettuali e professionali.

Parole chiave: Tecnologia; Dettaglio; Cultura materiale; Industria; Design.

Eduardo Vittoria: l'invenzione della Tecnologia

La Tecnologia dell'architettura, sin dalla sua fondazione al principio degli anni '70 come nuova disciplina del progetto, intro-

ducesse nella contrapposizione accademica tra funzionalismo e formalismo un terzo polo di riflessione, incentrato sulla dimensione tecnica del progetto, autonoma dalla conoscenza manualistica e strumentale degli elementi della costruzione da un lato, e indipendente dalle discipline scientifiche e matematiche della scienza e della tecnica delle costruzioni, dall'altro.

La Tecnologia dell'architettura, in un clima caratterizzato da profonde trasformazioni delle logiche e delle metodiche industriali, tentò di riformulare la cultura del progetto all'interno di un rinnovato rapporto tra teoria e prassi, in cui un ruolo chiave era giocato dalla revisione dei sistemi e dei processi produttivi in vista della realizzazione di nuove dimensioni abitative, sensibili ai profondi cambiamenti sociali, ambientali ed economici che in quegli anni andavano maturando nel nostro Paese.

La Tecnologia dell'Architettura presentava una innovativa matrice progettuale, basata su una dimensione metodologica e scien-

tifica del processo creativo, mutuata dalla cultura e dalle logiche del disegno industriale e dalle teorie dell'approccio sistemico; una "dimensione" progettuale che rivendicava l'assoluta continuità tra momento ideativo, momento produttivo e momento realizzativo secondo una logica processuale della formazione del progetto, in cui gli aspetti formali, funzionali e tecnico-costruttivi agivano sullo stesso livello ed in maniera contestuale, valorizzando così le potenzialità espressive e connotative insite nelle tecniche costruttive di tipo industriale.

Pertanto, il progetto tecnologico non si esplicava solo nella forma dei suoi contenuti ma anche nel procedimento con cui tali contenuti venivano elaborati, indicandone i caratteri e le finalità. In tal modo, il "momento esecutivo" dell'architettura non era più confinato in una sfera di verità oggettiva, particolare e definitiva ma poteva agire all'interno di un campo a più dimensioni in cui fosse possibile controllare, non solo la qualità della tecnica e della soluzione costruttiva, ma anche il miglioramento complessivo della qualità del progetto e dell'ambiente costruito.

Eduardo Vittoria, che con Giorgio Boaga, Giuseppe Ciribini, Pierluigi Spadolini e Marco Zanuso ebbe il merito di introdurre nella didattica del progetto la tecnologia come un nuovo modo di pensare all'architettura ed alla sua costruibilità, costituisce un caso di studio di grande interesse per riflettere sulla questione del rapporto tra momento ideativo, controllo produttivo e fase esecutiva del progetto di architettura, in un momento storico caratterizzato da una nuova rivoluzione industriale e da profondi cambiamenti del contesto socio-tecnico in cui esso agisce.

Infatti, la sua visione dell'architettura, intesa come attività intellettuale ed inventiva intimamente connessa alla dimensione sperimentale della tecnica, si è sostanziata nell'inquietudine e

Eduardo Vittoria. The design thinking of an Olivetti architect

Abstract. The essay aims to outline Eduardo Vittoria's contribution to the definition of the characteristics of the contemporary technological and environmental culture of architectural design, starting from the analysis of three industrial buildings designed and realized between 1952 and 1970 for Olivetti of Ivrea, considered exemplary for the research of a new approach in the development of the design process, from the concept of design to technological experimentation. Vittoria's "designing thinking", always suspended between the reasons for making and the speculative tension, has evolved over half a century, starting from conditions based on the knowledge of practical terms and operational issues with which he had to deal in the course of his design and professional experiences.

Keywords: Technology; Detail; Material culture; Industry; Design.

Since its foundation in the early 1970s, the Technology of Architecture as a new discipline of design has introduced a third pole of reflection into the academic contrast between functionalism and formalism, centered on the technical dimension of design, independent of manual and instrumental knowledge of the elements of construction on the one hand, and independent of the scientific and mathematical disciplines of construction science and technology on the other.

The Technology of Architecture, in a climate characterized by profound transformations of industrial logic and methods, tried to reformulate the dimension of design within a renewed relationship between theory and practice, in which a key role was played by the revision of systems and production processes in view of the creation of new housing dimensions, sensitive

to the profound social, environmental and economic changes that were maturing in our country in those years.

The Technology of Architecture presented an innovative design matrix, based on a methodological dimension of the creative process, borrowed from the culture and logic of industrial design and from the theories of the systemic approach; a design "dimension" that claimed absolute continuity between the moment of conception, the moment of production and the moment of realization according to a process logic of project formation, in which the formal, functional and technical-constructive aspects acted on the same level and in a contextual manner, thus enhancing the expressive and connotative potential inherent in industrial construction techniques. Therefore, the technological project was not expressed in the form of its

nella curiosità di una ricerca progettuale continua, problematica e dubbiosa che non è possibile racchiudere e delimitare in una teoria definitiva. Il “pensiero progettante” di Vittoria, sempre sospeso tra le ragioni del fare e la tensione speculativa, si è sviluppato nell’arco di mezzo secolo, partendo da presupposti derivanti dalla conoscenza dei termini pratici e delle questioni operative con cui si era confrontato nel corso delle sue esperienze progettuali e professionali.

Il sodalizio con Adriano Olivetti: tre casi-studio

Gli anni cinquanta rappresentano un periodo di incredibile trasformazione nel dibattito architettonico in Italia, certamente quello più vibrante e ricco di discussioni, promesse e speranze per la cultura del progetto. Eduardo Vittoria, architetto napoletano trasferitosi ad Ivrea come consulente di Adriano Olivetti, rappresenta un caso singolare ed un’esperienza eccentrica ed emblematica nel panorama culturale e progettuale dell’epoca. Nonostante la giovane età, era nato infatti nel 1923, è il protagonista assoluto della scena olivettiana di quegli anni, pur mantenendo sempre un basso profilo. Sono gli anni in cui sviluppa, attraverso l’intensa attività di progettista dei principali stabilimenti Olivetti, una sperimentazione originale e innovativa sui caratteri tecnologici ed esecutivi del progetto architettonico per l’industria. Olivetti rappresentava, infatti, l’industria più innovativa del secondo dopoguerra non solo a livello italiano: un marchio che aveva rivoluzionato dapprima la produzione e poi il modo di concepire e promuovere i propri prodotti. In questo contesto Vittoria, lavorando spalla a spalla con gli ingegneri meccanici, gli informatici, i designer e gli intellettuali raccolti attorno al progetto olivettiano di “Comu-

contents but in the process by which these contents were processed, indicating the characters and purposes. In this way, the “executive moment” of architecture was no longer confined to an objective, particular and definitive sphere of truth, but could act within a multidimensional field in which it was possible to control not only the quality of the technique and of the constructive solution, but also the overall improvement of the quality of the project and of the built environment. Eduardo Vittoria, who with Giorgio Bogaga, Giuseppe Ciribini, Pierluigi Spadolini and Marco Zanuso had the merit of introducing technology as a new way of thinking about architecture and its constructability into the didactics of design, is a case study of great interest for reflecting on relationship between the conception, production, control and the executive phase of architectural design

in a historical moment characterized by a new industrial revolution and by profound changes in the social-technical context in which it operates. His vision of Architecture, in fact, understood as an intellectual and inventive activity, intimately linked to the experimental dimension of technology, has been substantiated by the restlessness and curiosity of a continuous, problematic and doubtful design research that cannot be enclosed and delimited in a definitive theory. Vittoria’s “designing thought”, always suspended between the reasons for doing and the speculative tension, has developed over half a century, starting from assumptions derived from the knowledge of practical terms and operational issues with which he had been confronted in the course of his design and professional experiences.

nità”, sperimenta un’architettura tutta fondata sull’ottimizzazione dei componenti tecnologici e delle linee di produzione che i suoi edifici dovevano contenere.

All’interno di questo *milieu* culturale egli maturò quella curiosità intellettuale per il “paesaggio industriale”, per la “tecnologia” ed i processi produttivi, che contribuì ad alimentare nel tempo una posizione critica verso l’impiego tecnocratico della produzione industriale, ritrovando nella “fatticità”, intesa come capacità trasformativa propria dell’uomo-artigiano, le ragioni di un’inventività industriale e di una cultura materiale al passo con le nuove sfide produttive e le nuove istanze socio-culturali.

Il saggio si propone di delineare il contributo di Eduardo Vittoria alla definizione dei caratteri dell’attuale cultura tecnologica ed ambientale del progetto di architettura, muovendo dalla disamina di tre edifici industriali progettati e realizzati tra il 1952 ed il 1970 per la Olivetti, ritenuti esemplari per la ricerca di un nuovo approccio metodologico nell’evoluzione del processo progettuale, che dall’idea costruttiva, passando attraverso la sperimentazione tecnologica, arriva fino alla fase di prototipazione di moduli spaziali e modelli costruttivi: l’Officina H, realizzata all’interno della corte della Nuova ICO, il complesso OMO di San Bernardo di Ivrea, lo stabilimento di Scarmagno, poi replicato a Crema e Marcianise, concepito con Marco Zanuso.

Questi tre casi-studio definiscono l’evoluzione di un intero comparto produttivo industriale a scala planetaria in un’unica area geografica: il Canavese. La complessità ed il rapido sviluppo di questa esperienza raccontano anche il ruolo dell’azienda di Ivrea nella storia industriale mondiale tra la fine degli anni Quaranta e gli anni Sessanta. In questo quadro il “giovane razionalista”

The partnership with Adriano Olivetti: three case studies

The fifties represent a period of incredible transformation in the architectural debate in Italy, certainly the most vibrant period and full of promises and hopes for the culture of the project. Eduardo Vittoria, a Neapolitan architect who moved to Ivrea as a consultant of Olivetti, represents a unique case and an eccentric and emblematic experience in the design scene of the period. Despite his young age, he was born in 1923, he was one of the protagonist of the Olivetti scene of those years, while still maintaining a low profile. These were the years in which he developed, through his intense activity as designer of the main Olivetti plants, an original and innovative experimentation on the technological and executive characteristics of architectural design for industry. Olivetti represented, in fact, the most

innovative industry of the second post-war period not only on an Italian level, a brand that had first revolutionized production and then the way of conceiving and promoting its products. In this context, working shoulder to shoulder with mechanical engineers, computer scientists, designers and intellectuals gathered around the Olivetti project of the *Comunità*, Vittoria experimented with an architecture entirely based on the optimization of technological components and production lines that its buildings were to contain. Within this cultural milieu he developed that intellectual curiosity for the “industrial landscape”, for the “technology” and the production processes, which contributed to fostering over time a critical position towards the technocratic use of industrial production, finding in the “practicality”, understood as the transformative ca-

Vittoria, ispirato dal pensiero illuminista ed architetto militante della sinistra progressista, trovò in Adriano Olivetti il committente ideale per poter sperimentare in modo concreto alcuni dei principi fondativi della cultura del progetto tecnologico, contribuendo alla sua evoluzione.

L'Officina H della Nuova ICO (1956-58) Progettata nel 1956 e terminata nel 1958, l'Officina "H" consiste nella copertura del cortile interno della ICO, edificio progettato da Figini e Pollini alla fine degli anni Trenta, caratterizzato dalla lunga facciata in vetro che proseguiva il precedente intervento di ampliamento delle officine avvenuto, sempre a firma del duo di architetti milanesi, completando il percorso di lavorazione in senso lineare lungo viale Jervis ad Ivrea.

La riformulazione della linea di produzione a doppia esse, desunta dai modelli di produzione americani, indusse Adriano Olivetti a rivedere lo schema "a corte" e determinò la modifica funzionale della fabbrica, ospitando al suo interno due cicli di produzione che trovano due collocazioni distinte, non contemplate nel progetto originario, ma differenziate nel corso della costruzione: quella del montaggio delle macchine e quella, che riguarda la torneria, le presse e le lavorazioni meccaniche all'interno della corte. La rapidità di costruzione determinò una stesura del progetto che andò avanti di pari passo con l'avanzamento del cantiere (Crignolo, 2000).

La circolazione e lavorazione di macchine meccaniche imponeva ampie aree per la movimentazione di materie prime e banchi per la lavorazione delle stesse, spazi adeguati per la trasformazione e realizzazione di componenti, dei pezzi meccanici e della minu-

capacity of the man-craftsman, the reasons for an industrial creativity and a material culture in tune with the new production challenges and the new socio-cultural demands.

The essay aims to outline Eduardo Vittoria's contribution to the definition of the traits of the current technological and environmental culture of architectural design, moving from the analysis of three industrial buildings designed and built between 1952 and 1970 for Olivetti, which are considered exemplary for the research of a new approach in the development of the design process, from the constructive idea to the technological experimentations, up to the first prototyping phase of spatial modules and building models: the Officina H inside the New ICO, the OMO building in San Bernardo di Ivrea, the Scarmagno factory, then replicated in Crema and Marzignano, conceived with Marco Zanuso.

These three case studies show the progress of an overall industrial industry on a global scale in a single geographical area: the Canavese. The complexity and timeliness of this process tells the story of the Ivrea-based company's role in global industrial history between the late 1940s and 1960s. In this context, the "young rationalist" Vittoria, inspired by the Enlightenment philosophy and militant architect of the progressive left, discovered in Adriano Olivetti the ideal commissioner for experimenting in a concrete way with some of the founding principles of the culture of technological design, contributing to its evolution.

Unit "H" of the new ICO factory (1956-58)

Designed in 1956 and completed in 1958, the Officina "H" consists of the roofing of the inner courtyard of the new ICO, a building designed by Figini

and Pollini from the 1930s, characterized by a long glass facade that continued the previous expansion of the plants that took place, again by the duo of architects from Milan, completing the path of work in a linear sense along Via Jervis in Ivrea.

The redesign of the double-skin manufacturing line derived from American production models led Adriano Olivetti to revise the court layout and led to the operational change of the factory, incorporating two production cycles with two distinct locations, not included in the original project, but with different characteristics during construction: the assembly of the machines, and the turning shop, the presses and the mechanical workings within the court. The speed of construction led to the drawing up of the project, which went forward in line with the progress of the site (Crignolo, 2000).

Officine Meccaniche Olivetti a San Bernardo di Ivrea (1955-56)

Nel 1955 l'espansione crescente della OMO (Officina Meccanica Olivetti) nel settore delle macchine utensili determinò la necessità di avviare la costruzione di un nuovo stabilimento nell'area di San Bernardo alla periferia di Ivrea. Il progetto di Vittoria si sviluppa attorno ad un grande edificio che fu realizzato in soli otto

and Pollini from the 1930s, characterized by a long glass facade that continued the previous expansion of the plants that took place, again by the duo of architects from Milan, completing the path of work in a linear sense along Via Jervis in Ivrea.

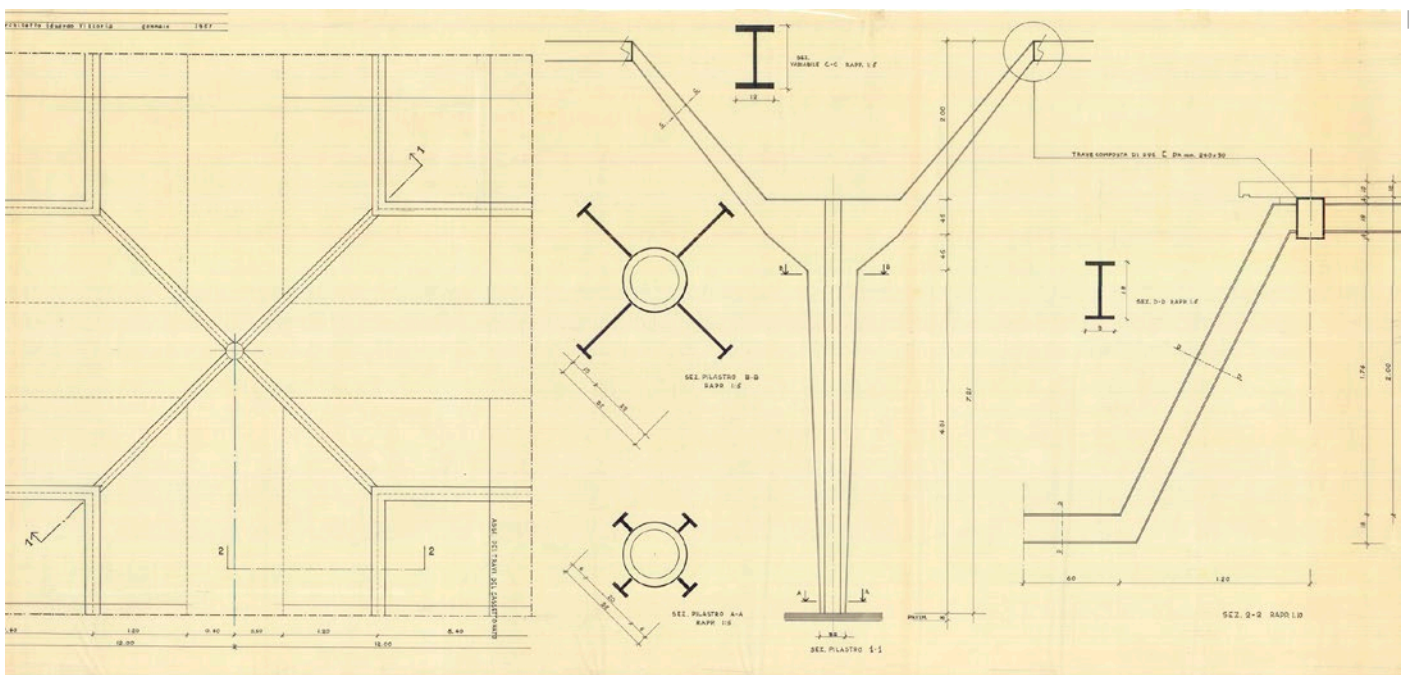
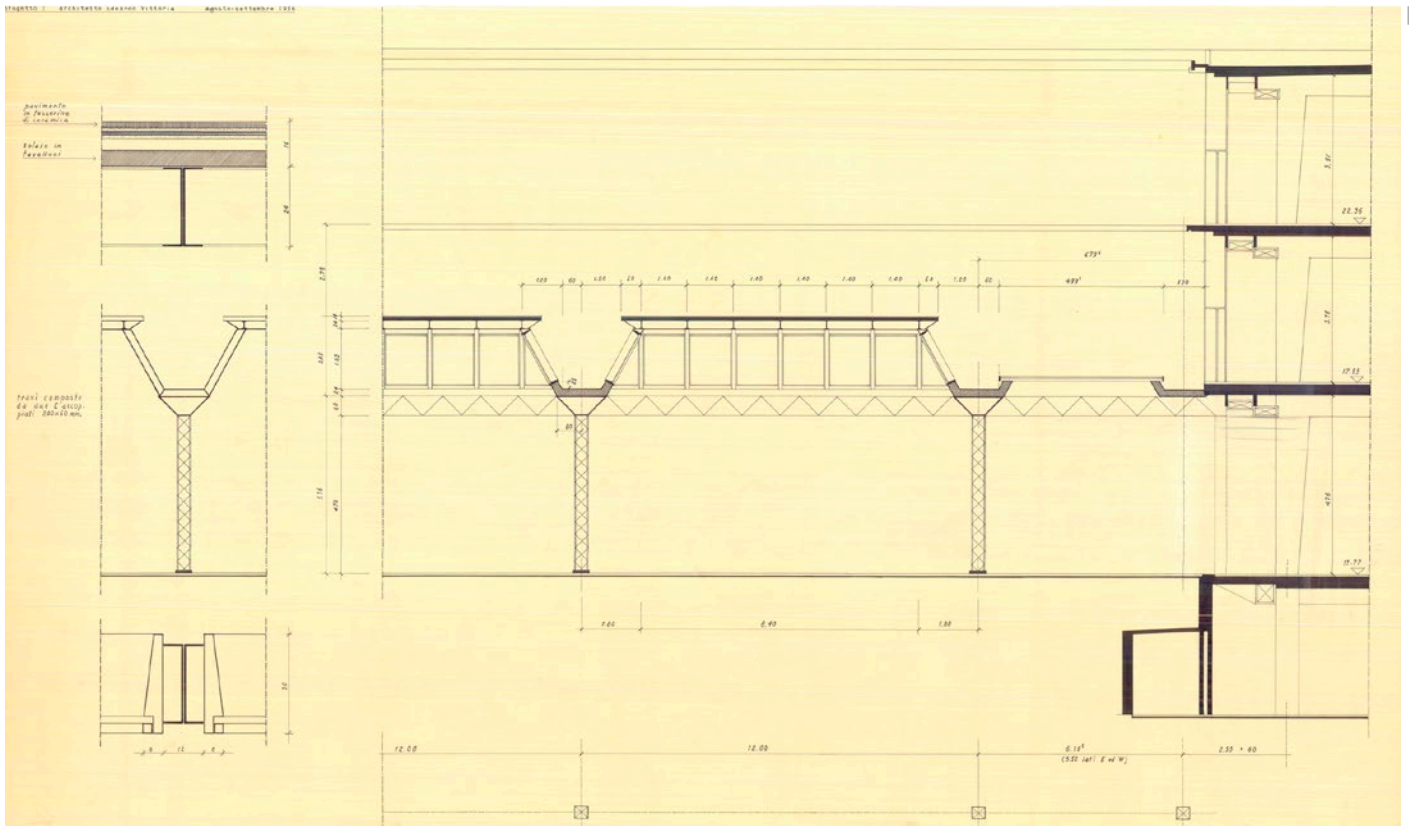
The flow and working of mechanical machines required large areas for the movements of raw materials and banks for processing them, proper spaces for the processing and manufacture of components, mechanical parts and small components. Vittoria's project therefore focuses on the design of a panelled ceiling with slightly bluish-glass, obtained through the suspension of a solid metal structure with profiles welded in which there is none emphasis of the details, even if it were a simple screw, clearly reflects the constructive purpose without any structural formalism, pursuing the creation of a workspace comfortable from the point of view of lighting technology.

The flow and working of mechanical machines required large areas for the movements of raw materials and banks for processing them, proper spaces for the processing and manufacture of components, mechanical parts and small components. Vittoria's project therefore focuses on the design of a panelled ceiling with slightly bluish-glass, obtained through the suspension of a solid metal structure with profiles welded in which there is none emphasis of the details, even if it were a simple screw, clearly reflects the constructive purpose without any structural formalism, pursuing the creation of a workspace comfortable from the point of view of lighting technology.

The structural solution adopted in designing the support node, the capitol, expressed the possibility of building with less: in terms of quantity (in terms of weight and area), reducing the space

01 | Studio della prima soluzione per la copertura Officina H della nuova ICO con i pilastri a traliccio 1956, Archivio Vittoria
Study of the first solution for the Officina H roof of the new ICO with the 1956 lattice pillars, Archivio Vittoria

02 | Seconda soluzione per la copertura Officina H della nuova ICO 1957, Archivio Vittoria
Second solution for the Officina H roof of the new ICO 1957, Archivio Vittoria



mesi grazie all'impiego del sistema costruttivo *Covre*, costituito da tralicci metallici e travi reticolari prefabbricate. L'edificio principale ospitava le linee di produzione della OMO per la realizzazione delle macchine utensili e di quelle a controllo numerico (tipo *Auctor* e *Horizon*). Il nuovo stabilimento inaugurato nel 1956 fu completato con la realizzazione dell'infermeria, della centrale termica e degli edifici per gli uffici, sempre a firma di Vittoria.

L'involucro esprime la gerarchia strutturale e produttiva, attraverso la realizzazione di un *curtain-wall* continuo e tripartito, caratterizzato dalle fasce di serramenti in ferro, dalle fasce marcapiano in pannelli di cemento bianco ed il coronamento piano sul bordo che contiene gli *shed* posti al di sopra delle aree di lavorazione; le parti metalliche sono evidenziate dalla scelta cromatica prevalente del blu per identificare le aree produttive. In questa fabbrica, la ricerca espressiva dei dettagli di aggancio tra struttura principale e struttura dell'involucro, le soluzioni in facciata con lo svuotamento dell'angolo e l'uso del colore per i diversi ordini strutturali tipici dell'architettura industriale dell'epoca, esprimono in modo compiuto il legame con le sperimentazioni più avanzate sul tema delle strutture spaziali come sistema di copertura di grandi luci che, proprio in quegli anni, Mies van der Rohe aveva impostato e gli studi di Wachsmann andavano estendendo e divulgando.

La semplicità dell'impianto planimetrico e delle soluzioni di facciata può essere ascritta alla ricerca di un linguaggio unificante e chiarificatore delle diverse funzioni contenute all'interno della grande struttura produttiva, secondo un atteggiamento ancora modernista, basato su una verità costruttiva, chiara e oggettiva, in grado di tradurre in forma la complessa macchina produttiva.

dedicated to the structure of an environment was the main goal in order to define the factory in an optimal, economically sustainable and efficient way. The layout of this project takes the form of a hypostyle architecture, without a shell, characterized by the combination of the trilitic system in a condition of total interior, which is neither visible nor usable that from inside, and in which the essential components are represented by the attack on the ground, the connection between columns and roof and the shape of the nodes of connection (capitals) with the roof.

Olivetti mechanical plants in San Bernardo Ivrea (1955-56)

In 1955, the growing expansion of OMO (Officina Meccanica Olivetti) in the machine tool sector led to the need to start building a new plant in the San Bernardo area on the edge of Ivrea.

Stabilimento di Scarmagno (1962-70)

Il polo industriale della Olivetti di Scarmagno, realizzato da Vittoria e Zanuso, nasce come intervento industriale a scala urbanistica che espande verso il territorio agricolo la presenza dell'azienda, nella fase piena del boom economico industriale degli anni sessanta. Scarmagno è il più imponente insediamento della fabbrica Olivetti: gli stabilimenti produttivi prevedevano superfici coperte di 200.000 mq, su un'area di sedime di circa 800.000 mq, organizzata in impianti produttivi, funzioni di servizio ed edifici sociali.

La prima soluzione progettuale, definita nel 1962 ed ispirata da alcuni studi di Vittoria, è concepita interamente in carpenteria metallica e la sua composizione parte dal principio fondato sul concetto di "modulo-oggetto", unità elementare capace di creare il paesaggio architettonico industriale e di risolvere simultaneamente le questioni funzionali, formali e strutturali, mettendo in relazione gli schemi planimetrici con le sezioni. In questa prima soluzione sono presenti sei nuclei produttivi di 20.000 mq ciascuno e sei edifici di servizio (mense e spogliatoi), con superfici variabili. Lo schema funzionale è ben descritto dallo stesso Vittoria nei suoi appunti dattiloscritti:

La distribuzione dei servizi industriali avviene su tre livelli diversi: il primo a quota scantinato, costituito da un anello stradale destinato al passaggio del materiale, degli impianti e dei principali collegamenti (spogliatoi-fabbrica); il secondo, a quota terreno, destinato alla produzione vera e propria; il terzo, alla quota della copertura, nello spessore della struttura, destinato alla distribuzione dell'energia (acqua, vapore, elettricità, ecc.) e degli impianti civili (riscaldamento e ventilazione)¹.

Il "modulo-misura" raccorda l'unità funzionale elementare

blue to indicate the production units. In this factory, the expressive search for the details of the link between the main structure and the envelope of the building, the solutions on the façade with the removal of the corner and the use of colour for the orders typical of the industrial architecture of the period, fully express the link with the advanced experiments on the theme of spatial structures as a system of covering large lights that, in those years, Mies van der Rohe had set up and Wachsmann's studies were being extended and disseminated.

The simplicity of the layout and of the façade solutions can be seen in the research for a uniforming and clear language of the diverse features included within the huge production plant, according to an attitude still modernist but strongly perceived by Vittoria as a clear, objective structural truth able to

translate the complex production machine into shape.

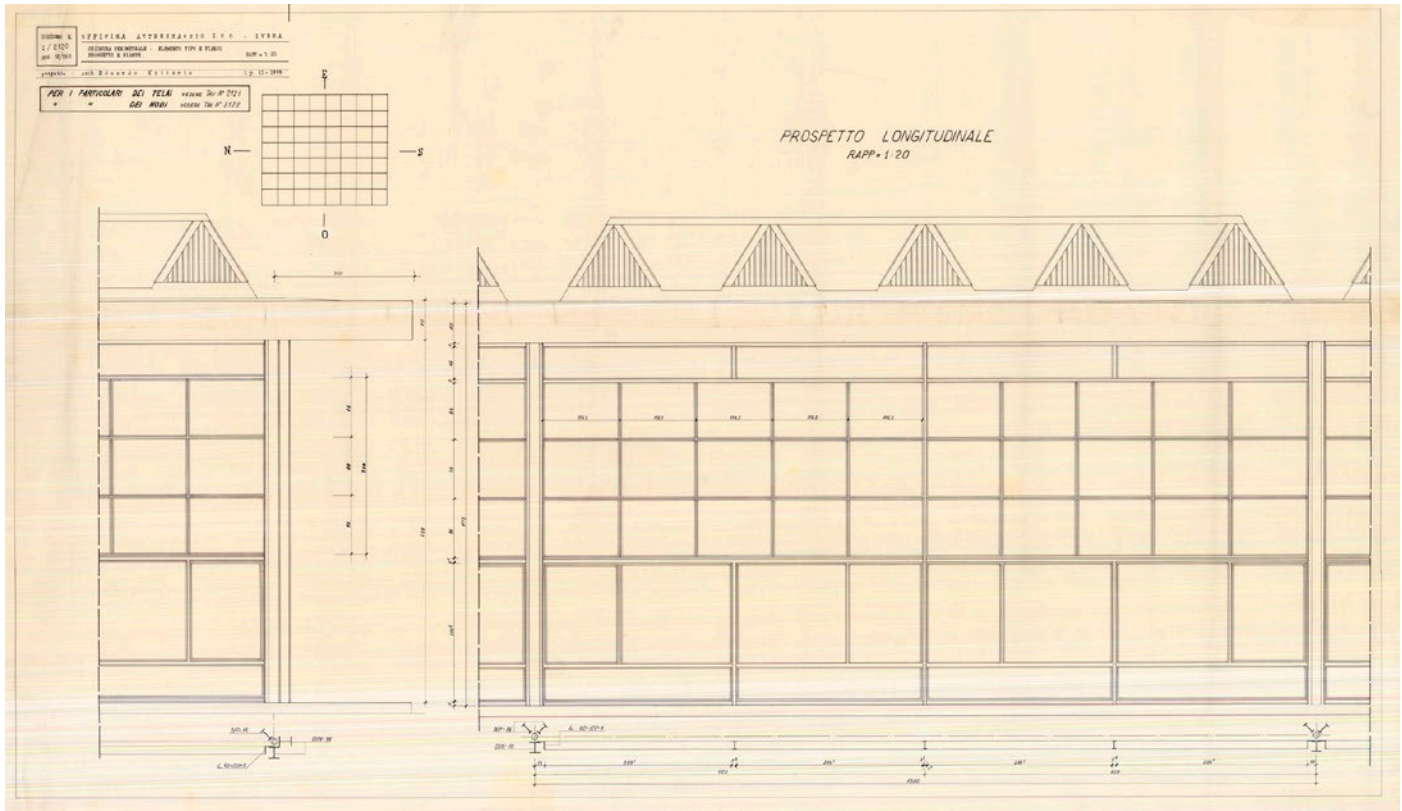
Scarmagno factory (1962-70)

The Olivetti di Scarmagno industrial pole, realized by Vittoria and Zanuso, was founded as an industrial plan on an industrial basis that expands the company's presence in an agricultural area, in the full phase of the industrial economic growth of the 1960s. Scarmagno is the most impressive settlement of the Olivetti company: the production units had covered areas of 200.000 square metres on a site of about 800.000 square metres, organised into production plants, service functions and social buildings.

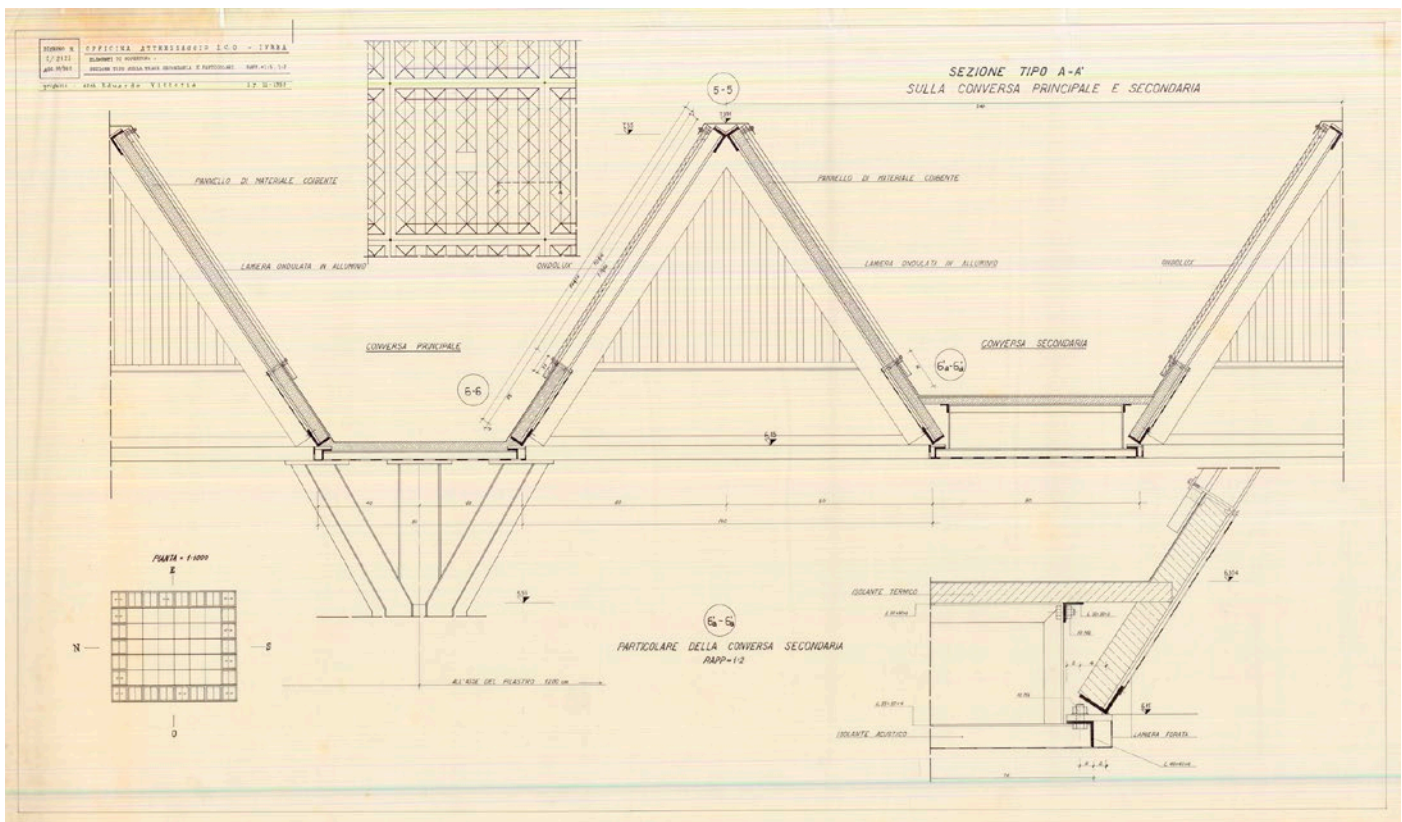
The first design solution defined in 1962 and inspired by studies by Vittoria, is completely designed in metal carpentry, and its composition starts from the principle based on the concept of

03 | Officina Attrezzaggio del complesso di San Bernardo prospetto longitudinale 1959, Archivio Vittoria
Plants Equipment of the complex of San Bernardo longitudinal elevation 1959, Archivio Vittoria

04 | Officina Attrezzaggio del complesso di San Bernardo sezione tipo della copertura 1959, Archivio Vittoria
Plants Equipment of the complex of San Bernardo type section of the roof 1959, Archivio Vittoria



103

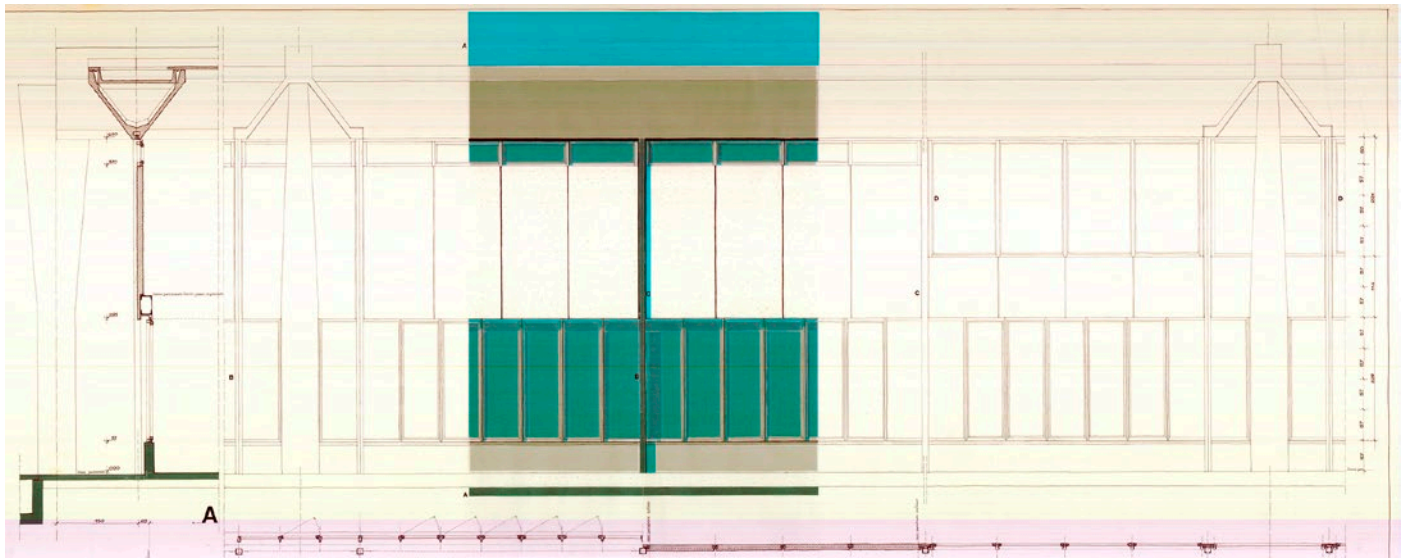


104

05 | Studio di sezione tipo degli impianti di Olivetti Sud a Marciianise sullo schema che replicava il progetto per Scarmagno, 1968, Archivio Vittoria
Study of the type section of the Olivetti Sud plant in Marciianise on the scheme that replicated the project for Scarmagno, 1968, Archivio Vittoria

06 | Foto durante il cantiere dello stabilimento di Scarmagno con E. Vittoria ritratto al centro, Archivio Vittoria
Photo during the construction of the Scarmagno plant with E. Vittoria portrayed in the centre, Archivio Vittoria

05 |



06 |



alla dimensione spaziale/tridimensionale dei flussi che sono distinti sui tre piani della sezione: i materiali, la produzione, l'energia. Questo schema verrà successivamente reinterpretato sia dimensionalmente che matericamente, ma permarrà nella sua logica funzionale. Fu realizzata una successiva soluzione in cui la struttura principale è in cemento armato precompresso su un modulo di 18x15 metri con travi principali realizzate in stabilimento, sulle quali sono appoggiate quelle secondarie a V rovesciata che consentono la realizzazione di lucernai continui per tutta la lunghezza dei moduli produttivi. All'interno del sistema secondario dell'impalcato erano collocate tutte le linee degli impianti per il condizionamento climatico ed i flussi energetici. La copertura è così formata da un alternarsi sullo stesso piano della luce, dell'energia e delle campate strutturali attraverso una unità formale e funzionale ineguagliata in tutta la storia industriale italiana.

Vittoria e Zanuso trasferiscono in questo progetto esemplare la logica della modularità delle macchine utensili alla scala dell'architettura, pervenendo così, in quest'ultimo progetto per la Olivetti, alla definizione di una "nuova dimensione" in cui architettura, assemblaggio dei componenti strutturali, impiantistica e macchine da calcolo raggiungono una unitarietà che mostra plasticamente la "visione" della fabbrica olivettiana: la forma elementare che evolve da "modulo-misura" a "oggetto-quantità".

Tre temi

1) La passione per l'acciaio e le strutture leggere

Eduardo Vittoria mostra nel suo lavoro una grande predilezione per i sistemi costruttivi in acciaio e per le tecnologie leggere. Negli scritti programmatici che accompagnano i suoi progetti

"modulus-object", elementary unit able to create the industrial architectural landscape and solve functional, formal and structural issues simultaneously, linking the planimetric schemes with the relations in section. In this first solution there are six production units of 20.000 square meters each, and six service buildings (canteens and changing rooms), with variable surfaces.

The functional scheme is well described by Vittoria himself in his typewritten notes:

The distribution of industrial services takes place on three different levels: the first at basement level, consisting of a road ring for the passage of material, systems and main connections (changing rooms-factory); the second, at ground level, intended for actual production; the third, the share of the roof, in the thickness of the structure, intended for the distribution of energy

(water, steam, electricity, etc.) and civil systems (heating and ventilation)".

The "modulus-measurement" connects the elementary functional unit to the spatial/three-dimensional dimension of the flows that are distinguished on the three floors of the section: materials, production, energy. This scheme will be subsequently reinterpreted both dimensionally and materially, but will remain in its functional logic. A subsequent solution was created in which the main structure is in prestressed reinforced concrete on a module of 18x15 metres with main beams made in the factory, on which the secondary inverted V-shaped beams are placed, allowing the creation of continuous skylights for the entire length of the production modules. All the lines of the climate control and energy flow systems were located inside the secondary system of the deck. The roof is thus formed by an

olivettiani è possibile rintracciare almeno tre ragioni di tale passione: la prima, di carattere operativo, è relativa alla celerità dei tempi di esecuzione dei manufatti da realizzare; la seconda si riferisce ad un'idea di spazialità architettonica resa fluida dalla ricerca costante di relazioni di carattere ambientale con il paesaggio esterno; l'ultima riguarda la possibilità di creare strutture di grande luce per generare spazi flessibili in grado di assecondare le continue innovazioni delle filiere produttive.

I progetti e gli studi per gli edifici realizzati in questi anni si caratterizzano per l'uso di telai metallici di grande luce in cui lo studio esecutivo, sostenuto da avanzate competenze strutturali, si sostanzia nel disegno di pilastri compositi (alla maniera di Mies), spesso dal design raffinato, costituiti dall'accoppiamento di profili di serie che assecondano con la loro forma e geometria il posizionamento di travi, spesso reticolari, progettate per coprire grandi luci. La predilezione per la struttura metallica è motivata, infine, anche per le potenzialità che essa offre, sia nella soluzione di complessi problemi impiantistici (legati al corretto funzionamento degli spazi produttivi) sia nella possibilità di impiegare sistemi di involucro a *curtain-wall*, modulari, realizzati con tecnologie leggere.

2) Industria vs industrializzazione

Il sogno di un'industria in grado di produrre strutture leggere, mobili, trasparenti, facilmente sostituibili, affidate a modalità tecnologiche proprie della grande industria manifatturiera, si forma, nella visione di Vittoria, negli anni olivettiani intorno ad alcuni concetti chiave: l'integrazione degli elementi tecnici nel processo progettuale fin dalle prime fasi di progettazione, la definizione della pianta su base modulare, la progettazione integrata

alternation on the same level of light, energy and structural spans through a formal and functional unity unmatched in all Italian industrial history. In this exemplary project, Vittoria and Zanuso transfer the logic of the modularity of machine tools to the scale of architecture, thus arriving, in the latter project for Olivetti, at the definition of a "new dimension", in which architecture, assembly of structural components, plant engineering and calculation machines reach a unity that plastically shows the "vision" of the Olivetti factory: the elementary form that evolves from "modulus-measurement" to "object-quantity".

Three topics

1) A passion for steel and lightweight structures

In his work, Eduardo Vittoria demonstrates a great affection for steel

construction systems and light technologies. In the writings of his projects for Olivetti, it is clear that at least three reasons for this passion can be found: the first, of an executive nature, is related to the speed of implementation of the works to be completed; the second refers to an idea of architectural spatiality that is fluid due to the constant search for environment-related connections with the surrounding landscape; the last, regards the opportunity to make structures of great light to build spaces with great flexibility to satisfy the continuous innovations in the production process.

The projects and studies for the buildings completed in these years are notable for the use of metal frames of great light in which the executive study, supported by advanced structural skills, is embodied in the design of compound pillars (in the manner of Mies), often

dei sistemi impiantistici, la definizione del dettaglio industriale, il progetto esecutivo come aspetto comunicativo del progetto, la leggerezza complessiva ottenuta non mediante la sottrazione di materiali e artifici percettivi ma attraverso l'impiego di sistemi aperti e modulabili.

Al principio degli anni Settanta questa visione fu messa in crisi dall'affermazione acritica dei sistemi industrializzati per la realizzazione di grandi interventi residenziali finalizzati a far fronte all'emergenza abitativa. La critica di Vittoria al mito di un'industrializzazione dell'edilizia in grado di "quantificare la qualità", privilegiando solo gli aspetti produttivistici del problema abitativo e ignorando le istanze dell'utenza, muoveva da due considerazioni: la prima relativa al carattere obsoleto di queste tecnologie, i cui brevetti provenivano da paesi in cui nell'immediato dopoguerra erano stati impiegati per risolvere l'urgenza abitativa, l'altra riguardava la pigra rinuncia della cultura progettuale del nostro paese ad immaginare strategie e soluzioni più avanzate ed innovative, sia dal punto di vista tipologico che tecnologico, che sfruttassero l'enorme potenziale creativo e produttivo dell'industria manifatturiera. Per Vittoria l'affermazione di tali modalità costruttive vagamente "operaiste" segnava la definitiva rottura di un filo che aveva legato la ricerca e la cultura architettonica italiana alla stagione del modernismo europeo ed il definitivo fallimento di una "visione civile" della costruzione del paesaggio abitato italiano.

3) *Il rigore del disegno*

I disegni tecnici e gli studi esecutivi di Vittoria testimoniano il suo impegno nel controllare in maniera minuziosa l'intero processo di progettazione, dai primi schizzi fino alla definizione del prototipo da realizzare in officina. A differenza dei disegni ese-

cutivi di altri maestri a lui contemporanei, in essi non c'è alcuna forma di compiacimento per il segno tracciato sulla carta e, quindi, mai il retro-pensiero che il disegno possa avere una storia autonoma ed altra al di là del progetto per cui è stato realizzato. Le tavole di progetto, ciononostante, hanno una loro intrinseca bellezza per il rigore con cui gli elementi vengono descritti e relazionati gli uni agli altri e per la dialettica che traspare in essi tra l'urgenza della verifica progettuale e la necessità di comunicare il proprio pensiero costruttivo in maniera efficace.

Giovanni Guazzo, autore dell'unico contributo monografico dedicato alla figura di Eduardo Vittoria, nel sottolineare l'originalità del suo processo creativo e progettuale, afferma: «Ogni progetto di Vittoria è, in un certo senso, sempre lo stesso progetto che si snoda da un'occasione all'altra. Ciò che realmente lo incuriosisce e lo coinvolge, più che l'occasione contingente di realizzare una certa opera, sono le ipotesi sperimentabili ad essa collegabili. Per questo è difficile riscontrare in un suo lavoro il gesto risolutivo che lo differenzia radicalmente dagli altri lavori. Esiste una lenta evoluzione di alcuni concetti, ad un tempo strutturali, tecnologici e formali, che, di occasione in occasione, vengono sottoposti a successive verifiche che, a loro volta, rimandano a nuove sperimentazioni in un processo che non ha mai fine. Sarebbe questo forse il modo di lavorare più di uno scienziato che di un architetto se il risultato conclusivo di ogni sperimentazione non fosse sempre una valutazione dei risultati ottenuti in termini rigorosamente estetici. L'uso del modello e del prototipo diventano così, nell'Architettura di Vittoria il tramite imprescindibile non solo per la realizzazione di un'opera ma per determinare, attraverso quell'opera, degli avanzamenti di conoscenza» (Guazzo, 1995).

of refined design, consisting of the coupling of profiles of series, which support with their shape and geometry the positioning of beams, often reticular, designed to cover large spans. Finally, the preference for the metal structure is also motivated by the potential that it offered, both in the solution of complex plant problems (related to the proper functioning of production spaces), and in the possibility of using curtain-wall envelope systems, modular, made with lightweight technologies.

2) *Industry vs. industrialization*

The vision of an industry that can produce lightweight, mobile, transparent, easily removable structures, relying on technological methods specific to large manufacturing industries, is formed, in Vittoria's perspective, in Olivetti's years around some key concepts: the embodiment of technical elements in

the design processes from the earliest stages of basic design; the definition of the plan on a modular foundation; the integration of system design, the definition of industrial detail; the executive design as a communicative aspect of the project; the overall lightness obtained, not through the removal of materials and perceptual artifices, but through the use of open and modular systems.

At the beginning of the seventies this approach suffered from the critical affirmation of industrialized systems for the development of large housing developments aimed at facing the housing emergency. Vittoria's critique of the myth of an industrialization of the housing industry in a state of "quantifying quality". The first related to the obsolescence of these technologies, whose patents came from countries where in the immediate post-war period were

used to solve the housing need, the other referred to the lazy renunciation of the design culture of our country to imagine more advanced and innovative strategies and solutions, both from a typological and technological point of view, that would exploit the enormous creative and productive potential of the manufacturing industry. For Vittoria, the statement of such a vaguely "worker" construction method was the definitive break of a thread that had linked Italian research and architectural culture to the season of European modernism and the definitive failure of a "civil vision" of the construction of the Italian inhabited landscape.

3) *The severity of the design*

Vittoria's technical drawings and executive studies prove its commitment to carefully control the whole design process, from the first sketches to the defi-

nition of the prototype to be produced in the workshop. Unlike the executive drawings of other contemporary masters, there is no form of satisfaction in them for the sign traced on the paper and, therefore, never the retro-thinking that the drawing can have an autonomous history and other than the project for which it was made. Nevertheless, the project tables have their own intrinsic beauty for the precision of the elements described and related to each other and for the dialogue that emerges in them between the need for design control and the need to communicate one's own constructive thought efficiently.

Giovanni Guazzo, author of the unique monographic book about the figure of Eduardo Vittoria, in emphasizing the novelty of his creative and design process, affirms:

Every project of Vittoria is, in a certain sense, always the same project

Conclusioni: il pensiero progettante di un architetto tecnologo

L'esperienza olivettiana, in definitiva, rende evidente il ruolo fondamentale svolto da Eduardo Vittoria nel favorire la transizione da una cultura del progetto basata sulla reiterazione di modelli e soluzioni predeterminate ad una di carattere sistemico e sperimentale, coerente con l'avanzamento dei sistemi produttivi. Vittoria ha contribuito con il suo lavoro progettuale alla costruzione di un lessico scientifico che ha anticipato i temi ed i principi che saranno essenziali per la fondazione della Tecnologia dell'architettura, non solo come necessità accademica di superamento dell'insegnamento basato su manuali ed elementi tecnici, ma come esigenza di definire i contorni culturali ed operativi di uno sperimentalismo progettuale in cui il pensiero tecnico diventa generatore di matrici spaziali e oggetti abitabili che hanno l'innovazione come finalità peculiare.

Nel 1992 Vittoria, a circa vent'anni dalla fine della collaborazione con la Olivetti, in un breve saggio dedicato a Konrad Wachsmann, traccia un profilo dell'architetto-costruttore tedesco che assomiglia molto ad un'autobiografia scientifica. E, nel descrivere l'importanza del rapporto tra attività teorica e prassi sperimentale nel lavoro di Wachsmann, afferma che il libro *Wendepunkt im Bauen* pubblicato nel 1959, ha nella storia della seconda metà del Novecento «un ruolo esplorativo del tutto nuovo nella definizione di un costruttivismo progettante che trasforma l'invenzione tecnica in un modo di pensare l'architettura, e che rappresenta una sostanziale correzione dell'abusato concetto di macchinismo inteso quale primaria

fonte di ispirazione dell'architettura moderna». (Vittoria, 1992)

In questa contrapposizione tra "invenzione tecnica" e "macchinismo" è possibile cogliere il carattere dell'originale "pensiero progettante" di Eduardo Vittoria, un pensiero alla continua ricerca di nuove dimensioni dell'abitare e del costruire fondata sulla sperimentazione di un'architettura aperta e sempre riconfigurabile.

NOTE

¹ Le riflessioni sui progetti elaborati in questa fase della sua attività professionale sono raccolti in un piccolo volume del 1962 mai pubblicato dal titolo programmatico *La ricerca di una nuova dimensione*.

REFERENCES

Grignolo, R. (2000), "La nuova ICO di Ivrea. Ipotesi di recupero tra storia e tecnologia", in Callegari, G. and Montanari, G. (Eds.), *Progettare il costruito. Cultura e tecnica per il recupero del patrimonio architettonico del XX secolo*, Franco Angeli, Milano.

Guazzo, G. (Ed.), (1995), *Eduardo Vittoria. L'utopia come laboratorio sperimentale*, Gangemi Editore, Roma, p. 69.

Vittoria, E., (1992), "Il costruttivismo progettante di Konrad Wachsmann", in Zoragno, A.M., (Ed.), *Konrad Wachsmann. Holzhausbau Costruzioni in legno*, Guerini Studio, Milano, p. 9.

that unwinds from one occasion to another. What really intrigues and involves him, rather than the contingent opportunity to create a certain work, are the experimental hypotheses that can be linked to it. For this reason it is difficult to find in one of his works the decisive gesture that radically differentiates him from other works. There is a slow evolution of some concepts, at the same time structural, technological and formal, which, from time to time, are subjected to subsequent checks that, in turn, refer to new experiments in a process that never ends. This would perhaps be the way to work more than a scientist than an architect if the final result of each experiment were not always an evaluation of the results obtained in strictly aesthetic terms. The use of the model and the prototype thus become, in Vittoria's Architecture, the indispensable means

not only for the realisation of a work but also to determine, through that work, the advancement of knowledge (Guazzo, 1995).

Conclusion: the designing thought of a technological architect

The Olivetti experience, in short, highlights the fundamental role played by Eduardo Vittoria in fostering the change from a design culture based on the repetition of predefined models and solutions to one of a systemic and experimental nature consistent with the advancement of production systems. Vittoria has contributed with her design work to the construction of a scientific lexicon that has anticipated the themes and principles that will be essential for the foundation of the Technology of Architecture, not only as an academic need to overcome the teaching based on manuals and techni-

cal elements, but as a need to define the cultural and operational contours of a design experimentalism in which the technical thought becomes the generator of spatial matrices and habitable objects that have innovation as a peculiar purpose.

In 1992, about twenty years after the end of the collaboration with Olivetti, Vittoria in a short essay dedicated to Konrad Wachsmann, traces a profile of the German architect-constructor that looks very much like a scientific autobiography. And, in describing the importance of the relationship between theoretical activity and experimental practice in Wachsmann's work, he states that the book *Wendepunkt im Bauen* published in 1959, has in the history of the second half of the twentieth century «a completely new exploratory role in the definition of a design constructivism that transforms tech-

nical invention into a way of thinking about architecture, and that represents a substantial correction of the abused concept of machinism understood as the primary source of inspiration of modern architecture» (Vittoria, 1992). In this contrast between "technical invention" and "machinism" it is possible to grasp the character of Eduardo Vittoria's original "designing thought", a thought about the continuous search for new dimensions of living and building based on the experimentation of an open and always reconfigurable architecture.

NOTES

¹ The reflections on the projects elaborated in this phase of his professional activity are collected in a small volume of 1962 never published under the programmatic title *The research of a new dimension*.

Monica Lavagna^a, Alessandra Bessi^b, Andrea Meneghelli^c, Paola Moschini^d,

^a Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

^b Manens-Tifs S.p.A., Italia

^c Lombardini22, Italia

^d Macro Design Studio, Italia

monica.lavagna@polimi.it

verona@manens-tifs.it

a.meneghelli@l22.it

paola.moschini@macrodesignstudio.it

Abstract. Il saggio restituisce un quadro di come il tema ambientale venga declinato nel progetto esecutivo nell'attuale prassi italiana e internazionale, con particolare attenzione all'influenza sulla scelta di soluzioni costruttive e materiche, basandosi, oltre che sulla letteratura scientifica, sull'esperienza diretta di alcuni studi di progettazione italiani fortemente orientati all'integrazione degli aspetti ambientali nel progetto. Si basa inoltre su esperienze raccolte in tavoli di lavoro composti da stakeholders di settore¹.

Vengono in particolare messi in evidenza criticità e ostacoli, possibilità di miglioramento e vantaggi conseguiti da una progettazione esecutiva capace di integrare gli aspetti ambientali, delineando le attuali (e possibili future) competenze professionali e gli strumenti.

Parole chiave: Progettazione integrata; Building Information Modeling (BIM); Life Cycle Assessment (LCA); Green Building Rating Systems; Criteri Ambientali Minimi (CAM) nel Green Public Procurement (GPP).

Rilevanza della dimensione ambientale e meccanismi d'incentivo

L'attenzione sempre crescente per la dimensione ambientale è sollecitata dalla volontà di conseguire la certificazione

ambientale di edificio (es. LEED) oppure di soddisfare i Criteri Ambientali Minimi (CAM) nell'ambito del Green Public Procurement (GPP).

Da alcuni anni la domanda di edifici con certificazioni di sostenibilità rilasciate da ente terzo, quali LEED, BREEAM, WELL e Living Building Challenge, sta orientando il mercato delle costruzioni (Fig. 1), per lo più il settore terziario. In quest'ambito infatti i committenti richiedono ai progettisti la realizzazione di un edificio certificato LEED-Gold, come un requisito base al fine di avere un bene che si affitti o si vende meglio, con un aumento del valore fino all'11% (Rebuild, 2018), e in minor tempo, poiché garanzia di riduzione dei costi di gestione (fino al 14%) e di

migliore qualità di vita dei suoi occupanti (McGraw-Hill Construction, 2008).

I criteri ambientali di LEED hanno costituito un traino per il settore, imponendo ai produttori un forte rinnovamento nella direzione della sostenibilità per poter rimanere competitivi e ai progettisti un forte aggiornamento di competenze (con lo sviluppo anche di nuove figure professionali).

In Italia, a questo percorso volontario e legato a meccanismi di mercato, si è recentemente affiancato un percorso cogente: il DM 11 ottobre 2017 ha reso i CAM obbligatori per tutti gli appalti pubblici². Anche questa azione ha attivato il mercato a un rinnovamento nella direzione ambientale, peraltro con indirizzi in linea con quelli dei protocolli, essendo i criteri molto simili, ma con la differenza di non essere su base volontaria. Mentre i meccanismi di mercato e la competitività costituiscono un motore che spinge all'innovazione, i requisiti cogenti tendono a essere percepiti da professionisti, imprese e in generale dagli stakeholder della filiera dell'edilizia pubblica italiana come una imposizione da soddisfare. Non vi è un aumento di valore del bene sul mercato, in quanto bene pubblico; inoltre non vi è un riconoscimento dello sforzo fatto dal professionista o dall'impresa per progettare e costruire secondo i criteri di sostenibilità.

Il fatto che i due strumenti (protocolli e CAM) agiscano in due mercati diversi (privato e pubblico), porta nel primo caso a proiettarsi in avanti alzando l'asticella e nel secondo caso a limitarsi a superare l'asticella senza fare nulla di più. Nel primo caso la filiera cresce e nuove professioni entrano nel mercato attraverso

The environmental dimension of detailed design. Experiences and future perspectives

Abstract. The essay gives an overview about the way the environmental theme is declined in detailed design in the current Italian and international practice, with particular attention to the influence on the choice of constructive and material solutions, based on a literature review, as well as on the direct experience of some Italian design studios strongly oriented to the integration of environmental aspects into the project. It is also based on experiences gathered in working group composed by sector stakeholders¹.

In particular, criticalities and obstacles, possibilities for improvement and advantages achieved by a detailed design capable of integrating environmental aspects are highlighted, outlining the current (and possible future) professional skills and tools.

Keywords: Integrated design; Building Information Modeling (BIM); Life Cycle

Assessment (LCA); Green Building Rating Systems; Minimum Environmental Criteria (CAM) in Green Public Procurement (GPP).

The relevance of the environmental dimension and incentive mechanisms

The ever-increasing attention to environmental dimension is prompted by the desire to achieve the environmental certification of the building (e.g. LEED) or to satisfy the Minimum Environmental Criteria (CAM) in the Green Public Procurement (GPP).

For some years now the demand for buildings with sustainability certifications issued by third parties, such as LEED, BREEAM, WELL and Living Building Challenge, is steering the construction market (Fig. 1), mostly the tertiary sector. In this context, in

fact, clients require designers to build a LEED-Gold certified building, as a basic requirement in order to have a property that is rented or sold better, with an increase in the value up to 11% (Rebuild, 2018), and in less time, as a guarantee of reduction of operating costs (up to 14%) and better quality of life for its occupants (McGraw-Hill Construction, 2008).

The environmental criteria of LEED have been a driving force for the sector, imposing on manufacturers a strong renewal in the direction of sustainability in order to remain competitive and on designers a strong updating of skills (with the development also of new professional figures).

In Italy, this voluntary path linked to market mechanisms has recently been accompanied by a binding path: the Ministerial Decree of 11 October 2017 has made the CAM mandatory for all

i green jobs, il mercato diventa florido e i livelli di sostenibilità premiano l'investitore; nel secondo invece l'imposizione limita l'innovazione e si tende sempre al 'ribasso' delle prestazioni e alla ricerca di risposte da poter replicare da progetto a progetto, rispondendo ai criteri meccanicamente. Per esempio la figura del professionista accreditato, esperto ambientale, è richiesta (non obbligatoriamente) sia nei protocolli sia nei CAM, dove sono previsti punti premiali³, però chi vuole ottenere la certificazione ambientale integra effettivamente il consulente per orientare le scelte, invece nel caso dei CAM viene spesso semplicemente incaricato per ottenere i punti premiali, senza un effettivo coinvolgimento nel progetto.

Nello stesso tempo occorre sottolineare che la capacità di penetrazione dei temi ambientali legata alla sola premialità in ambito privato rischia di non fare la differenza nei numeri che muove. Invece la pervasività di ciò che è cogente, che viene applicato in maniera diffusa, porta l'intero mercato a muoversi. "Attrezzarsi" per poter partecipare alle gare di appalto pubbliche costituisce oggi un ulteriore stimolo per gli operatori, che guardano ai CAM con molta attenzione.

Inoltre, grazie ai CAM, il settore pubblico sta facendo uno sforzo epocale per raggiungere un obiettivo ambizioso, nonostante la carenza di competenze specifiche del personale. Purtroppo le Pubbliche Amministrazioni hanno difficoltà ad applicare i criteri ambientali nella redazione dei bandi e non sono in grado di valutare l'applicazione dei criteri nei progetti, a differenza delle certificazioni come LEED, che si basano su una verifica di parte terza indipendente accreditata. Però imporre un'attenzione a questi temi in ambito pubblico potrà nel tempo portare grandi benefici, sia nella formazione del personale delle Pubbliche Am-

public tenders². Also this action has activated the market to a renewal in the environmental direction, moreover with addresses in line with those of the protocols, being the criteria very similar, but with the difference of not being on a voluntary basis. While market mechanisms and competitiveness constitute a driving force for innovation, the mandatory requirements tend to be perceived by professionals, companies and in general by the stakeholders of the Italian public building supply chain as an imposition to be met. There is no increase in the value of the asset on the market, as a public good; moreover, there is no recognition of the effort made by the professional or the company to design and build according to sustainability criteria.

The fact that the two instruments (protocols and CAM) act in two different markets (private and public), leads in

the first case to the project raising the bar and in the second case to the project being limited to achieve the minimum standard without doing nothing more. In the first case the supply chain grows and new professions enter the market through green jobs, the market becomes flourishing and the levels of sustainability reward the investor; in the second, contrariwise, impositions limit innovation and the objective is the "discount" of performance and the search for answers that can be replicated from project to project, responding to the criteria mechanically. For example, the figure of an accredited professional, as environmental expert, is required (not mandatorily) both in the protocols and in the CAM, where reward points are provided³, but those who want to obtain environmental certification actually integrate the consultant to guide the choices, instead

in the case of CAM it is often simply commissioned to obtain the reward points, without an actual involvement in the project.

At the same time, it must be emphasized that the ability, in the private sphere, to penetrate environmental issues linked only to rewarding, risks not making the difference in the numbers that it moves. Instead, the pervasiveness of what is mandatory, which is applied in a widespread manner, leads the entire market to move. "Equipping themselves" to take part in public tenders is now a further incentive for operators, who look at CAM very carefully.

Moreover, thanks to CAM, the public sector is making an epochal effort to reach an ambitious goal, despite the lack of specific skills of the staff. Unfortunately, Public Administrations have difficulty in applying the environ-

mental criteria in the drafting of tenders and in evaluating the application of the criteria to the projects, unlike the certifications such as LEED, which are based on an independent accredited third party verification. However, imposing attention on these issues in the public sphere may in time bring great benefits, both in the training of public administration personnel and in raising awareness among users of the buildings themselves.

The environmental criteria and the increase in the number of performance parameters to be evaluated

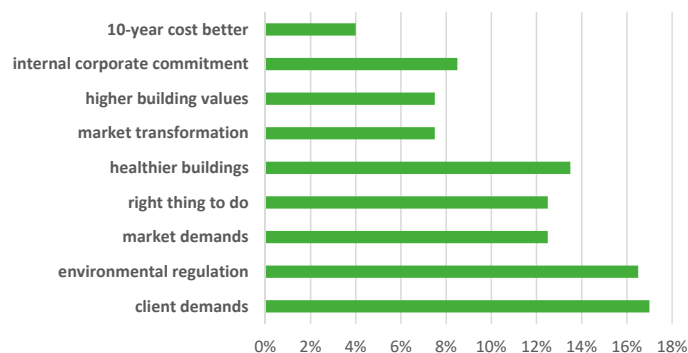
During the definition of the materials/products and the construction solutions in the detailed phase of the project, the traditional performance parameters (thermal, acoustic, fire resistance, etc.) can be discriminating for the choice of material, in order to com-

ministrations, sia nella sensibilizzazione degli utenti degli edifici stessi.

I criteri ambientali e l'incremento del numero di parametri prestazionali da valutare

Durante la definizione dei materiali/prodotti e delle soluzioni costruttive nella fase esecutiva del progetto, i tradizionali parametri prestazionali (termici, acustici, di resistenza al fuoco, ecc.) possono essere discriminanti per la scelta di un materiale, al fine di rispettare i requisiti imposti dalla legislazione vigente. I criteri ambientali contenuti nei protocolli e nei CAM vengono applicati da operatori attenti agli orientamenti attuali e che fanno del tema ambientale un elemento di competitività e differenziazione sul mercato.

Solo di recente, si sta affermando nell'ambito della progettazione una maggiore conoscenza delle certificazioni ambientali di prodotto, come le EPD (Environmental Product Declaration) e le HPD (Health Product Declaration), creando una domanda di informazioni ambientali che attiva gli ulteriori operatori della filiera edilizia, ossia i produttori, che sono molto attenti alle informazioni richieste sia dai protocolli sia dai CAM, per non perdere competitività. Per esempio il semplice inserimento delle EPD sia in LEED v.4 sia nei CAM ha immediatamente attivato



in Italia i produttori a dotarsi di tale certificazione, che è sempre più diffusa.

Tuttavia la crescita delle informazioni comporta un maggiore impegno richiesto ai progettisti nella fase di decisione. L'ampliarsi dei parametri in gioco al momento della scelta materica e costruttiva rende complessa la fase di scelta e pone la necessità di individuare strumenti di supporto alla decisione finale. In particolare emerge la necessità di valutazioni multicriteria (Fig. 2), sia tra prestazioni tecniche differenti, ma anche tra criteri ambientali differenti.

Infatti spesso l'esito di una comparazione ambientale tra materiali alternativi non porta a individuare con facilità la soluzione a più basso impatto ambientale, poiché il profilo ambientale migliore cambia a seconda dell'indicatore di impatto ambientale (Fig. 3). Per esempio, il prodotto A può essere migliore del prodotto B su alcuni indicatori o criteri ambientali (es. Global Warming Potential e materie prime rinnovabili) e il prodotto B può risultare migliore del prodotto A rispetto ad altri indicatori o criteri ambientali (es. Acidificazione e contenuto di riciclato).

Ad oggi non esistono metodologie o strumenti decisionali condivisi e diffusi su larga scala, ma la decisione dipende dalla sensibilità dei progettisti e/o costruttori. Perciò il ruolo dello specialista

di sostenibilità ambientale è un ruolo chiave, come lo sarà sempre di più quello dello specialista LCA.

Tra tutte le prestazioni, negli ultimi tempi sta crescendo l'interesse nei confronti della durabilità (reference service life) dei prodotti, quale elemento importante da considerare e che può cambiare profondamente l'esito di valutazioni comparative (soprattutto ambientali) tra alternative tecniche. In genere nelle EPD si dichiara la durata di 50 anni, a causa della assenza di normative specifiche per la definizione della durata dei prodotti (persino nella marcatura CE). Anche la durata dell'edificio varia da studio a studio per l'assenza di un'assunzione stabilita in maniera armonizzata (le norme internazionali sul service life planning, elaborate dall'ISO/TC 59 SC14, riguardano procedure teoriche di previsione della durata, mentre occorrono valori di riferimento condivisi).

La quantità di variabili da gestire è dunque elevata e l'inserimento di criteri ambientali richiede un'attenzione fin dalle fasi di concept. In fase preliminare viene però applicata semplicemente una pre-verifica della potenziale applicabilità e soddisfacimento dei criteri ambientali, mentre è solo nella fase esecutiva che si ha una verifica effettiva dei criteri. La fase esecutiva (legata anche alla definizione di requisiti per la gara d'appalto) è centrale rispetto a: ottimizzazione delle quantità di materiale utilizzato in

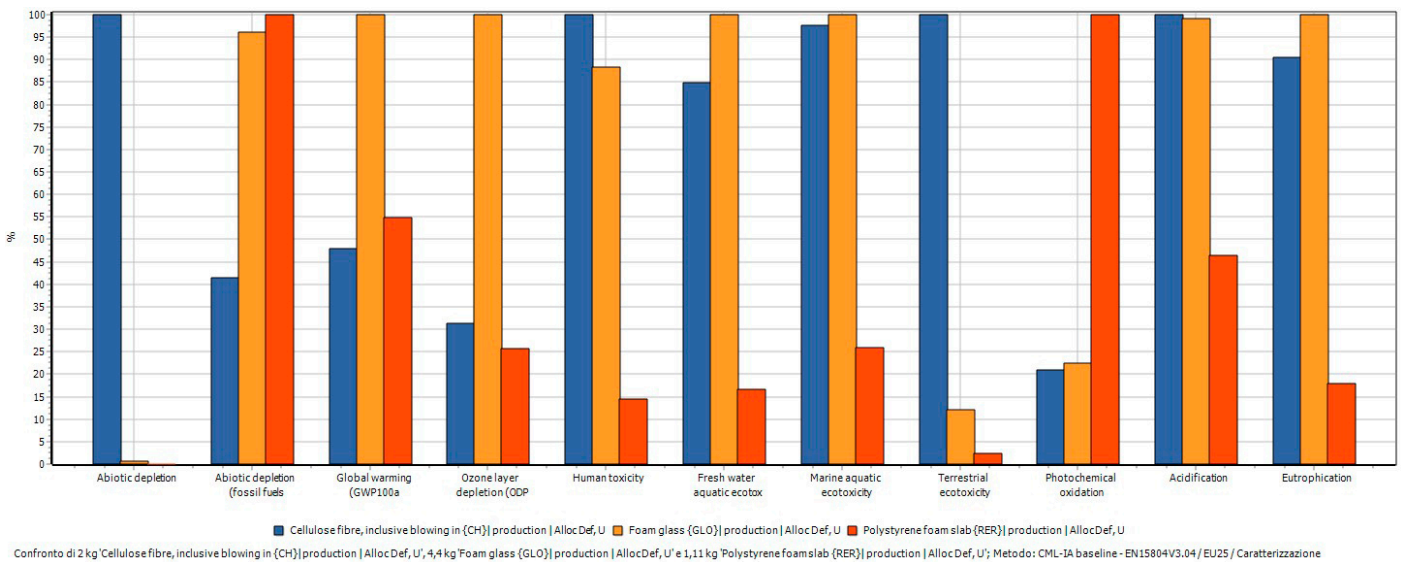
02 |

	THERMAL CONDUCTIVITY	SPECIFIC HEAT CAPACITY	DENSITY	VAPOUR PERMEABILITY	EMBODIED ENERGY	EMBODIED ENERGY
External Wall insulation system*	W/mK	kg.K	kg/m3	Y/N	MJ/UF	MJ/kg
Option 1. EPS	0,036	1300	23	N	71,77	88,60
Option 2. Cellulose	0,035	2020	30	Y	0,99	0,94
Option 3. Wood Wool	0,038	2100	50	Y	20,52	10,80
Option 4. Glass Mineral Wool	0,035	1030	30	Y	29,40	28,00
Option 5. Aerogel	0,014	1000	150	N	111,30	53,00

Option 1. EPS	0,1154	0,1745	0,0796	0,0500	0,1400
Option 2. Cellulose	0,1346	0,2711	0,1062	0,3000	0,3101
Option 3. Wood Wool	0,0769	0,2819	0,1770	0,3000	0,2632
Option 4. Glass Mineral Wool	0,1346	0,1383	0,1062	0,3000	0,2418
Option 5. Aerogel	0,5385	0,1342	0,5310	0,0500	0,0449

MULTICRITERIA ANALYSIS						OVERALL PERFORMANCE
Design priority - Case a	0,30	0,20	0,10	0,25	0,15	
Option 1. EPS	0,0346	0,0349	0,0080	0,0125	0,0210	0,11
Option 2. Cellulose	0,0404	0,0542	0,0106	0,0750	0,0465	0,23
Option 3. Wood Wool	0,0231	0,0564	0,0177	0,0750	0,0395	0,21
Option 4. Glass Mineral Wool	0,0404	0,0277	0,0106	0,0750	0,0363	0,19
Option 5. Aerogel	0,1615	0,0268	0,0531	0,0125	0,0067	0,26

Design priority - Case b	0,10	0,10	0,25	0,25	0,30	
Option 1. EPS	0,0115	0,0174	0,0199	0,0125	0,0420	0,10
Option 2. Cellulose	0,0135	0,0271	0,0265	0,0750	0,0930	0,24
Option 3. Wood Wool	0,0077	0,0282	0,0442	0,0750	0,0789	0,23
Option 4. Glass Mineral Wool	0,0135	0,0138	0,0265	0,0750	0,0725	0,20
Option 5. Aerogel	0,0538	0,0134	0,1327	0,0125	0,0135	0,23



relazione agli obiettivi prestazionali; scelta di materiali dotati di certificazione ambientale (es. EPD), a minor impatto e riciclati; scelta del fornitore e del luogo di approvvigionamento (materiali locali); scelta di soluzioni costruttive prefabbricate e reversibili. Spesso addirittura la verifica viene demandata alla fase realizzativa di cantiere, ossia al costruttore. Infatti gli effettivi fornitori (e dunque le caratteristiche dei prodotti effettivi) vengono definiti dal costruttore. Il progetto esecutivo definisce le specifiche tecniche (verificate in base alla effettiva reperibilità di prodotti con quelle caratteristiche), ma senza vincolare a un prodotto commerciale. Chiaramente se la prospettiva futura è quella di orientarsi verso un'informazione di maggior dettaglio e l'applicazione sempre più estesa del BIM, proprio per la possibilità di associare le informazioni prestazionali del prodotto all'oggetto,

nei progetti BIM esecutivi sarà possibile associare gli oggetti a prodotti effettivi. La verifica di criteri ambientali, come il contenuto di riciclato o le emissioni di VOC o la reperibilità locale, non consente più di usare categorie materiche, ma impone di selezionare prodotti specifici dotati delle caratteristiche volute.

Competenze, integrazioni multidisciplinari e gestione della complessità delle informazioni

La fase del progetto esecutivo richiede oggi il controllo e la gestione di una crescente quantità e complessità di flussi informativi e l'interazione di un numero crescente di specialismi e competenze, tra cui quelle ambientali, richiedendo un cambiamento nelle modalità di gestione degli studi di progettazione (Dalla Valle *et al.*, 2016). In questo qua-

ply with the requirements imposed by current legislation. Environmental criteria contained in the protocols and in the CAM are applied by operators attentive to current trends and who make the environmental issue an element of competitiveness and differentiation on the market. Only recently, a greater knowledge of environmental product certifications, such as EPD (Environmental Product Declaration) and HPD (Health Product Declaration), is emerging in the design field, creating a demand for environmental information that activates the other operators of the construction supply chain, i.e. manufacturers, which are very attentive to the information required by both the protocols and the CAMs, in order not to lose competitiveness. For example, the simple insertion of EPDs both in LEED v.4 and in CAM has immediately activat-

ed in Italy the manufacturers to adopt this certification, which is increasingly widespread. However, the growth of information entails a greater commitment required of designers in the decision phase. The widening of the parameters in play at the time of the selection of material and constructive solutions makes the choice phase complex and raises the need to identify support tools for the final decision. In particular, the need for multi-criteria evaluations (Fig. 2) emerges, both among different technical performances, but also among different environmental criteria. In fact, the outcome of an environmental comparison between alternative materials often does not lead to easy identification of the solution with the lowest environmental impact, since the best environmental profile changes according to the envi-

ronmental impact indicator (Fig. 3). For example, product A can be better than product B on some indicators or environmental criteria (e.g. Global Warming Potential and renewable raw materials) and product B can be better than product A compared to other indicators or environmental criteria (e.g. acidification and recycled content). To date, there are no shared and widely used methodologies or decision-making tools on a large scale, but the decision depends on the sensitivity of the designers and/or builders. Therefore, the role of the environmental sustainability specialist is a key role, as will be the role of the LCA specialist. Among all performance criteria, interest in the durability (reference service life) of products is growing in recent times, as an important element to consider and that can profoundly change the outcome of comparative assess-

ments (especially environmental) among technical alternatives. Generally, in the EPDs the duration of 50 years is declared, due to the absence of specific regulations for the definition of the durability of the products (even in CE marking). Also the duration of the building vary from study to study due to the absence of a harmonized assumption (international standards on service life planning, developed by ISO/TC 59 SC14, concern theoretical procedures for predicting duration, while shared reference values are needed). The quantity of variables to be managed is therefore high and the inclusion of environmental criteria requires attention from the concept phases. In the preliminary phase, however, simply a pre-verification of the potential applicability and satisfaction of the environmental criteria is applied, while

dro emergono nuovi profili professionali, tra cui lo specialista dei materiali, il consulente ambientale e il BIM manager/coordinatore.

Nei casi di interventi di ridotta complessità, la dimensione ambientale viene in genere verificata dai consulenti energetici, vista l'incidenza spesso elevata dei temi energia e acqua, che si correlano a scelte impiantistiche. Anche se la scelta dei materiali è di sempre maggior rilievo e richiede competenze specifiche. Nei casi in cui il progetto è più complesso, la sostenibilità è affidata a un professionista esperto (LEED AP, BREEAM AP, WELL AP), che può essere un consulente esterno oppure integrato nella struttura di progettazione, se di grandi dimensioni.

L'interazione di così tante figure e informazioni richiede l'introduzione di strumenti di gestione del progetto e delle informazioni. Il BIM costituisce uno strumento molto importante per il controllo della dimensione ambientale del progetto, grazie alla potenzialità di associare agli elementi costruttivi e ai materiali informazioni ambientali in genere gestite da differenti operatori (Fig. 4).

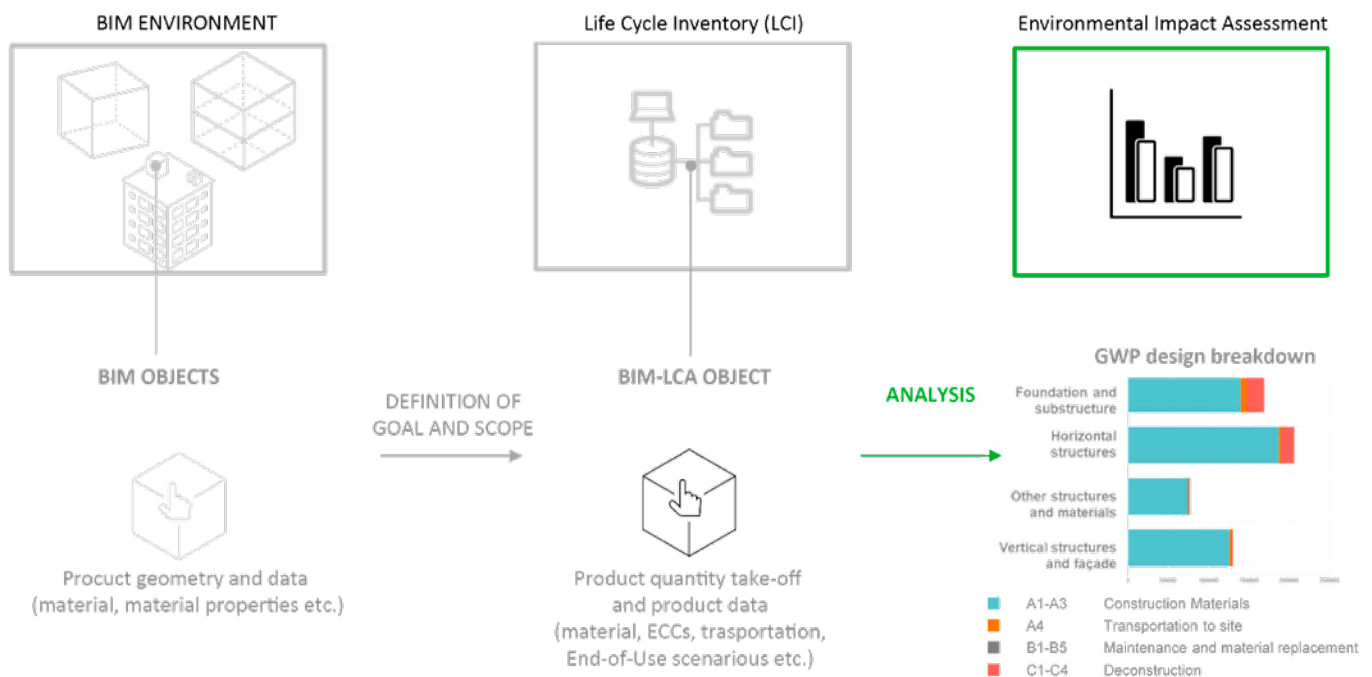
L'iniziale difficoltà di interfacciarsi con un ambiente BIM, le difficoltà intrinseche di interoperabilità tra le diverse case software, la discordanza nella definizione del contenuto informativo e la perdita di informazione tra i diversi attori coinvolti sono tra le principali limitazioni a questo processo ideale. Ma la necessità di un metodo efficiente per gestire la crescente complessità durante il ciclo di vita spinge alla ricerca di un processo capace di organizzare e gestire il flusso di informazioni.

L'adozione del "green BIM", anche a supporto della certificazione ambientale, si è fortemente estesa negli ultimi anni (Wong and Zhou, 2015). Il BIM contribuisce a ottimizzare, in fase preliminare, l'orientamento e forma dell'edificio, il rapporto tra pareti e finestre, gli apporti solari e, in fase esecutiva, l'illuminazione naturale, la gestione dell'acqua, le prestazioni energetiche e le scelte impiantistiche, la sostenibilità dei materiali (Krygiel and Nies, 2008). Questi ultimi aspetti richiedono l'utilizzo di software che rendono fondamentale mappare i parametri e i dati da condividere per garantire un'interoperabilità senza perdita di informazioni, così come è fondamentale la scelta degli strumenti più adeguati per garantire risultati affidabili.

La verifica dei criteri ambientali e la rispondenza del progetto a determinati requisiti dei diversi protocolli di sostenibilità può avvenire tramite un processo collaborativo, in cui si possono sviluppare degli specifici flussi di lavoro per garantire che i criteri ambientali trovino una rispondenza nelle caratteristiche prestazionali del progetto esecutivo.

Un ambiente BIM è costituito da diversi modelli gestiti separatamente dai diversi specialisti (come database collegati): dunque esistono vari modelli in relazione alle diverse discipline coinvolte, e i modelli sono linkati tra loro in modo da costruire un unico ambiente di condivisione di tutte le informazioni. Le modifiche avvengono in contemporanea, ma ognuno è proprietario solo del modello della propria disciplina. Questa modalità di lavoro consente di rendere immediatamente visibili le interferenze e di

04 |



gestire le informazioni. È un approccio di natura bidirezionale: da una parte è fondamentale avere il controllo di quanto e come le disposizioni progettuali influenzino gli aspetti inerenti la sostenibilità; dall'altra è opportuno avere la possibilità di effettuare modifiche condivise e coordinate delle scelte progettuali.

Per le analisi ambientali diventa fondamentale definire quali siano le proprietà necessarie e come poterle reperire per includerle nel modello BIM. Da qui emerge l'importanza del BIM manager/coordinator.

Il BIM manager gestisce le modalità di organizzazione del BIM per tutto l'ufficio (standard di gestione del processo), mentre il BIM coordinator gestisce le modalità di organizzazione del BIM in relazione al singolo progetto (compresi i flussi informativi relativi alle strategie ambientali, in coordinamento con il professionista ambientale accreditato o in autonomia qualora ne abbia le competenze). Infatti non esiste un'unica modalità di gestione del BIM, ma ogni studio organizza il proprio standard di qualità e le proprie linee guida. Il come il BIM viene usato e il come si evolva il suo uso nel tempo, varia da studio a studio, e fa in qualche modo parte del know-how del singolo studio. Ci sono dunque studi che stanno investendo nella costruzione di modalità di gestione delle informazioni per facilitare la risposta ai criteri ambientali e che di progetto in progetto aumentano la propria conoscenza e la capacità di gestire le scelte, in relazione alle specificità di ogni progetto.

Gli strumenti di verifica della dimensione ambientale

Il continuo proliferare di strumenti diversi e focalizzati su indicatori e aspetti diversi, sia alla scala dell'edificio sia alla scala del prodotto edilizio, rischia di disorientare il progettista.

it is only in the detailed phase that the criteria are verified. The detailed phase (also linked to the definition of the requirements for the tender) is central to: i) optimization of the quantity of material used in relation to the performance objectives; ii) choice of materials with environmental certification (e.g. EPD), lower impact and recycled content; iii) choice of supplier and place of supply (local materials); iv) choice of prefabricated and reversible construction solutions.

Often even the verification is delegated to the construction phase on site, ie to the builder. In fact, the actual suppliers (and therefore the characteristics of the actual products) are defined by the builder. The detailed design defines the technical specifications (verified based on the actual availability of products with those characteristics), but without binding to a commercial product.

Clearly, if the future perspective is to move towards more detailed information and increasingly extensive BIM application, due to the possibility of associating the product's performance information with the object, in the detailed design of BIM-based projects it will be possible to associate the objects to actual products. The verification of environmental criteria, such as the recycled content or VOC emissions or local availability, no longer allows the use of material categories but requires the selection of specific products with the desired characteristics.

Skills, multidisciplinary integrations and information complexity management

The phase of the detailed design today requires the control and management of an increasing quantity and complexity of information flows and the

La definizione di procedure armonizzate, condivise, uniformi di valutazione della sostenibilità ambientale è dunque di primaria importanza.

In questa direzione, viene visto con particolare attenzione e interesse il lavoro svolto a livello europeo con Level(s), che promuove ancora una volta il metodo LCA come strumento di valutazione oggettivo, attendibile e completo, anche se ci sono ancora molti aspetti metodologici che vanno definiti per rendere omogenee e confrontabili le valutazioni.

Nonostante progettisti e consulenti ne rilevino sempre più la necessità, risulta ancora rara l'applicazione della valutazione LCA nelle prime fasi dell'attività progettuale, poiché essa richiede informazioni dettagliate sulle scelte costruttive e materiche. Solo in fase esecutiva è possibile evitare semplificazioni, sia dal punto di vista della quantità e qualità delle informazioni considerate (definizione delle quantità di materiali, del tipo di materiali, dei consumi di energia) e sia dal punto di vista della qualità dei dati ambientali (dati primari da EPD).

Il rischio della semplificazione risiede anche nella scelta degli strumenti: si sta assistendo allo sviluppo di numerosi plug-in per software BIM dichiarati come strumenti utili e veloci per sviluppare analisi LCA di interi edifici (Fig. 5), ma è di particolare importanza la selezione di software affidabili e trasparenti (soprattutto nei dati ambientali contenuti), per evitare risultati fuorvianti dello studio LCA (Bueno and Fabricio, 2018).

Una delle maggiori difficoltà riscontrate dai progettisti è proprio la disponibilità di banche dati relative ai temi ambientali (non solo LCA, ma anche capaci di illustrare i vari parametri ambientali come contenuto di riciclato, VOC, contenuto di piombo, ecc.). Spesso i progettisti dedicano molto tempo e impegno a

interaction of a growing number of specialisms and competencies, including the environmental ones, requiring a change in the methods of managing the design companies (Dalla Valle *et al.*, 2016). In this framework, new professional profiles emerge, including the materials specialist, the environmental consultant and the BIM manager/coordinator.

In cases of interventions of reduced complexity, the environmental dimension is generally verified by energy consultants, given the often high incidence of energy and water, which are related to building system choices. Although the choice of materials is increasingly important and requires specific skills. In cases where the project is more complex, the sustainability is entrusted to an experienced professional (LEED AP, BREEAM AP, WELL AP), which can be an external consultant or

integrated into the design structure, if large.

The interaction of so many figures and information requires the introduction of project and information management tools. BIM is a very important tool for the control of the environmental dimension of the project, thanks to the ability to associate the construction elements and materials with environmental information generally managed by different operators (Fig. 4). The initial difficulty of interfacing with a BIM environment, the intrinsic difficulties of interoperability among the different software houses, the discrepancy in the definition of information content and the loss of information between the various actors involved are among the main limitations to this ideal process. However, the need for an efficient method to manage the increasing complexity during the life

LCA tool		
Austria	ECOSOFT	IBO
Finland	BeCost	VTT
	KCL-ECO	VTT
France	EQUER	Ecole des Mines de Paris
	COCON	Ecole des Mines de Paris
	PAPOOSE	Tribu Architects
	TEAM	Ecobilan
Germany	GABI Build-it	IKP University of Stuttgart, PE International
	GEMIS	Oeko-Institute
	LEGEP	LEGEP Software GmbH, WEKA
	OpenLCA	GreenDelta TC GmbH
	SBS	Fraunhofer IBP, PE International
	Umberto	Ifu Hamburg GmbH
Netherlands	SimaPro	Pre Consultants
	Eco-Quantum	IVAM
	GreenCalc+	Dutch Green Building Council
Sweden	EcoEffect	KTH, University of Gavle
Switzerland	Eco-Bat	University of Applied Science
	REGIS	Sinum
United Kingdom	CCaLC Tool	University of Manchester
	Envest 2	BRE
Canada	Impact Estimator	ATHENA Sustainable Material Institute
	EcoCalculator	ATHENA Sustainable Material Institute
United States	BEES	NIST
Japan	NIRE-LCA	National Institute for Resource and Environment

BIM-LCA tools		
Finland	One Click LCA	Bionova
France	COCON	Eosphère
	ELODIE	CSTB
Germany	eTool LCA	International Team Effort
United Kingdom		
Brazil		
Australia		
United Kingdom	IMPACT	BRE, IES-VE
Spain	Arquimedes	CYPE
Switzerland	Lesosai	Ecolepolytechnique Lausanne
United States	Green Building Studio	Autodesk
	Tally	Kieran Timberlake Innovations Autodesk and PE International
Turkey	GBAT	Istanbul Technical University
Australia	LCA Design	National Research Center on

reperire i dati (e a importarli in BIM).

Al momento i progettisti usano il BIM per il calcolo delle quantità di materiali e un file di excel per moltiplicare le quantità di materiali per i dati ambientali da banca dati (tale operazione può essere fatta “manualmente” o avvalendosi di applicazioni software), ma con difficoltà di reperimento di dati ambientali (e di scelta della banca dati in termini di affidabilità e credibilità).

Occorre definire le “regole” per identificare una banca dati affidabile. Per esempio al momento attuale le uniche banche dati ritenute affidabili sono Ecoinvent (non specifica però per il settore delle costruzioni), Ökobaudat (correlata però alle EPD tedesche) e INIES (correlata però alle EPD francesi). Per venire incontro

cycle leads to the search for a process capable of organizing and managing the flow of information.

The adoption of “green BIM”, also in support of environmental certification, has greatly expanded in recent years (Wong and Zhou, 2015). BIM helps to optimize the orientation and shape of the building, the relationship between walls and windows, the solar inputs and, in the detailed design phase, natural lighting, water management, energy performance and service choices, material sustainability (Krygiel and Nies, 2008). These latter aspects require the use of software, which make it fundamental to map the parameters and data to be shared to guarantee interoperability without loss of information, as well as the selection of the most appropriate tools to guarantee reliable results.

The verification of the environmental

criteria and the correspondence of the project to specific requirements of the different sustainability protocols can take place through a collaborative process, in which specific workflows can be developed to ensure that the environmental criteria find a correspondence in the performance characteristics of the detailed design.

A BIM environment is made up of different models managed separately by different specialists (as linked databases): therefore, various models exist in relation to the different disciplines involved, and the models are linked together in order to build a single environment for sharing all the information. Changes occur simultaneously, but each is the sole owner of the model of his discipline. This working mode allows to make interference immediately visible and to manage information. It is a two-way approach: on one

all’esigenza di reperibilità di dati LCA, i program operators, così come alcune associazioni di categoria a livello europeo, stanno lavorando alla digitalizzazione delle EPD per consentire l’applicazione nella progettazione BIM⁴.

Tale situazione fa sì che i progettisti che elaborano una valutazione LCA di edificio tendono oggi a concentrare la loro attenzione sugli aspetti ambientali della sola fase di produzione dei prodotti scelti, dunque sulle fasi A1-A3 (from cradle to gate). La ridotta esperienza in merito alla valutazione LCA completa e la carenza di dati LCA relativi alle altre fasi del ciclo di vita (es. impatti dei consumi di energia nella fase d’uso, dei consumi di acqua, ecc.) scoraggia gli operatori a estendere la valutazione LCA all’intero

hand, it is essential to have control over how much and how the design provisions influence sustainability aspects; on the other hand, it is advisable to have the possibility of making shared and coordinated changes to the design choices.

For environmental analysis, it becomes essential to define what properties are needed and how to find them to include them in the BIM model. Hence the importance of the BIM manager/coordinator is apparent.

The BIM manager manages the organization of the BIM for the whole office (process management standard), while the BIM coordinator manages the organization of the BIM in relation to the individual project (including the information flows relating to the environmental strategies, in coordination with the accredited environmental professional or independently if

he has the skills). In fact, there is no single BIM management method, but each studio organizes its own quality standard and guidelines. The way BIM is used and how its use evolves over time varies from study to study, and somehow forms part of the know-how of the individual studio. There are therefore studios that are investing in the construction of information management methods to facilitate the response to environmental criteria and that from project to project increases their knowledge and ability to manage choices, in relation to the specifics of each project.

The tools for verifying the environmental dimension

The continuous proliferation of different tools focused on different indicators and aspects, both on the scale of the building and on the scale of the

ciclo di vita, con inevitabili semplificazioni nell'applicazione della metodologia.

Infine, occorre poter leggere i risultati ottenuti: la definizione di benchmark LCA sia alla scala delle soluzioni costruttive sia alla scala dell'edificio è un ulteriore tema chiave, poiché occorre avere dati di riferimento e di confronto per poter dire se il risultato LCA ottenuto dalla valutazione di un materiale, un prodotto, una soluzione costruttiva, un edificio, è molto impattante o poco impattante. La definizione di benchmark LCA potrebbe in futuro essere integrata nei CAM (Ganassali *et al.*, 2018) e nei GBRS, dando origine a un nuovo riferimento utile per i progettisti verso l'obiettivo della sostenibilità degli edifici.

Conclusioni

La fase di progettazione esecutiva risulta la fase centrale per l'effettiva attuazione delle scelte ambientali, che influiscono sugli aspetti materici e sulla catena di fornitura e approvvigionamento dei prodotti edilizi e impiantistici.

La sempre maggiore pervasività dei temi ambientali nella fase esecutiva del progetto, trainata sia dalle certificazioni ambientali volontarie sia dai criteri ambientali cogenti nel GPP, impone agli operatori una maturazione di competenze specifiche che può attuarsi solo attraverso percorsi di formazione, capaci di innalzare le conoscenze in tutta la filiera: committenti (in particolar modo pubblici), progettisti, filiera della produzione, costruttori, ecc. Chiaramente le competenze necessarie a governare la complessità dei temi ambientali richiede la presenza, soprattutto in fase esecutiva, di figure professionali esperte e specializzate: anche per queste figure risultano essenziali percorsi formativi specialistici, con accreditamento delle competenze ottenute. Questi

building product, risks disorienting the designer. Hence, the definition of harmonized, shared, uniform procedures for assessing environmental sustainability is of primary importance. In this direction, the work carried out at European level with Level(s) is seen with particular attention and interest. It once again promotes the LCA method as an objective, reliable and complete assessment tool, even if there are still many methodological aspects that must be defined to make the evaluations homogeneous and comparable. Although designers and consultants are increasingly aware of the need, the application of the LCA assessment in the early stages of the project activity is still rare, since it requires detailed information on the construction and material choices. Only in the detailed phase it is possible to avoid simplifications, both from the point of view of the quantity

and quality of the information considered (definition of the quantity of materials, the type of materials, energy consumption) and from the point of view of the quality of environmental data (primary data from EPD). The risk of simplification also lies in the choice of tools: we are observing the development of numerous plug-ins for BIM software declared as useful and fast tools for developing LCA of entire buildings (Fig. 5), but the selection of reliable and transparent software (especially in the environmental data contained) is of particular importance, to avoid misleading results of the LCA study (Bueno and Fabricio, 2018). One of the greatest difficulties encountered by designers is the availability of databases related to environmental issues (not only LCA but also able to illustrate the various environmental parameters such as recycled content,

percorsi aprono all'introduzione di nuovi profili professionali. Si rende inoltre necessario un ripensamento nelle modalità di gestione delle competenze e delle informazioni all'interno delle strutture di progettazione, introducendo nuovi profili e modificando le modalità di interazione, per un più efficace controllo della dimensione ambientale.

NOTE

¹ In particolare, gli autori fanno parte del Green Building Council Italia e partecipano al Gruppo di Lavoro "Life Cycle Assessment", costituito da differenti stakeholders di settore. Tra gli esiti dei lavori, è stato elaborato un position paper in cui sono state evidenziate le criticità di applicazione e sono state proposte azioni migliorative per l'applicazione del LCA, in parte riportate in questo articolo.

² L'Italia è l'unico paese europeo ad aver introdotto l'obbligatorietà dei CAM per tutti gli appalti pubblici e un articolato elenco di criteri. Purtroppo però non è ancora piena l'adesione delle Pubbliche Amministrazioni, a causa della difficoltà di introdurre i criteri nei bandi e di verificare la rispondenza dei progetti in gara, per le scarse competenze presenti nel settore pubblico, come evidenziato in <https://comunivirtuosi.org/wp-content/uploads/2019/02/REPORT.pdf>.

³ Tra i criteri premianti dei CAM si richiede che il progetto venga redatto da un professionista (o una struttura che lo integri), esperto di aspetti energetici e ambientali degli edifici, certificato da un organismo di valutazione della conformità secondo la norma internazionale ISO/IEC 17024 o equivalente, che applica uno dei protocolli di sostenibilità degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale (BREEAM, LEED, WELL, Casaclima, ITACA).

⁴ Ecoplatform (gruppo di lavoro InData) sta lavorando alla creazione di un database aperto di EPD e a una soluzione BIM compatibile e intercambiabile.

VOC, lead content, etc.). Designers often spend a lot of time and effort finding the data (and importing them into BIM).

At the moment designers use BIM to calculate the quantity of materials and an excel file to multiply the quantities of materials by environmental data from a database (this operation can be done "manually" or using software applications), but with difficulty in finding environmental data (and in choosing the database in terms of validity and reliability).

The "rules" must be defined to identify a reliable database. For example, at the present time, the only databases considered reliable are Ecoinvent (not specific, however, for the construction sector), Ökobaudat (related, however, to the German EPDs) and INIES (related, however, to the French EPDs). To meet the need for availability of

LCA data, the program operators, as well as some trade associations at European level, are working on the digitalisation of the EPD to allow the application in BIM design⁴.

This situation means that designers who develop a building's LCA today tend to focus their attention on the environmental aspects only of the production phase of the selected products, therefore on phases A1-A3 (from cradle to gate). The reduced experience with regards to the complete LCA and the lack of LCA data relating to the other phases of the life cycle (e.g. impacts of operating energy consumption, water consumption, etc.) discourages operators from extending the LCA to the entire life cycle, with inevitable simplifications in the application of the methodology.

Finally, it is necessary to be able to read the results obtained: the definition of

REFERENCES

- Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C. and Bohne, R.A. (2017), "An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings", *Sustainability*, Vol. 9(7), p. 1226.
- Bueno, C. and Fabricio, M.M. (2018), "Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in", *Automation in Construction*, n. 90, pp. 188-200.
- Dalla Valle, A., Lavagna, M. and Campioli, A. (2016), "Change management and new expertise in AEC firms: improvement in environmental competence", *41st IAHS World Congress, Sustainability and Innovation for the Future*, Albufeira, Algarve, Portugal.
- Dodge Data Analytics (2018), *World Green Building Trends 2018: Europe*, available at: <https://www.worldgbc.org/news-media/world-green-building-trends-2018-smartmarket-report>.
- Kilinc, N., Basak, G. and Yitmen, I. (2015), "The changing role of the client in driving innovation for design-build projects: stakeholders perspective", *Procedia Economics and Finance*, n. 21, pp. 279-287.
- Ganassali, S., Lavagna, M., Campioli, A. and Saporetti, S. (2018), "Green Public Procurement and Construction Sector: EPD and LCA Based Benchmarks of the Whole-Building", in Benetto, E., Gericke, K. and Guiton, M. (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*, Springer, pp. 503-513.
- Mc-Graw Hill Construction, *Construction Outlook 2008*, McGraw-Hill Construction, 2008.
- Rebuild, CBRE, GBCI Europe, *Green Building: valori e tendenze*, available at: <http://www.rebuilditalia.it/it/MS/green-building-valori-e-tendenze>.
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C. and Garcia-Martinez, A. (2017), "Critical review of bim-based LCA method to buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 136, pp. 110-120.
- UNEP, Antink, R., Garrigan, C., Bonetti, M. and Westaway, R. (2014), "Greening the Building Supply Chain", available at: http://www.unep.org/sbci/pdfs/greening_the_supply_chain_report.pdf.
- Wong, J.K.W. and Zhou, J. (2015), "Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review", *Automation in Construction*, Vol. 57, pp. 156-165.

LCA benchmarks both at the scale of the construction solutions and at the scale of the building is a further key theme, since it is necessary to have reference and comparison data to be able to tell whether the LCA result obtained from the evaluation of a material, a product, a constructive solution, a building, is very impactful or with little impact. The definition of LCA benchmarks could be integrated into CAMs (Ganassali *et al.*, 2018) and in the GBRS in the future, giving rise to a new useful reference for designers towards the objective of building sustainability.

Conclusions

The detailed design phase is the central phase for the effective implementation of environmental choices, which influence the material aspects and the supply chain of building and service products. The ever-increasing pervasiveness of

environmental issues in the detailed phase of the project, driven both by voluntary environmental certifications and by the mandatory environmental criteria in the GPP, requires operators to develop specific skills that can only be implemented through training courses, capable of raising knowledge in the whole chain: clients (especially public), designers, production chain, builders, etc. Clearly, the skills necessary to govern the complexity of environmental issues require the presence, especially in the detailed phase, of expert and specialized professional figures: also for these figures specialized training courses are essential, with the accreditation of the skills obtained. These paths open up the introduction of new professional profiles.

It is also necessary to rethink the skills and information management methods within the design structures, introducing

new profiles and modifying the interaction methods, for more effective control of the environmental dimension.

NOTES

¹ In particular, the authors are part of the Green Building Council Italy and participate in the "Life Cycle Assessment" Working Group, made up of different stakeholders in the sector. Among the results of the work, a position paper was drawn up in which the critical issues of the application were highlighted and improvements were proposed for the application of the LCA, in part reported in this article.

² Italy is the only European country which has introduced mandatory CAM for all public procurement and a detailed list of criteria. Unfortunately, however, the adhesion of Public Administrations is not yet full, due to the difficulty of introducing the criteria in the calls for

tenders and to verify the correspondence of the projects in the competition, due to the scarce competences present in the public sector, as highlighted in <https://comunivirtuosi.org/wp-content/uploads/2019/02/Report.pdf>.

³ Among the reward criteria of the CAM, it is required that the project be drawn up by a professional (or a structure that integrates it), an expert in energy and environmental aspects of buildings, certified by a conformity assessment body in accordance with the international ISO standard/IEC 17024 or equivalent, which applies one of the sustainability protocols of buildings (rating systems) of national or international level (BREEAM, Casaclima, ITACA, LEED, WELL).

⁴ Ecoplatform (InData working group) is working on the creation of an open EPD database and a compatible and interchangeable BIM solution.

Andrea Tartaglia, Giovanni Castaldo,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

andrea.tartaglia@polimi.it
giovanni.castaldo@polimi.it

Abstract. La produzione del progetto esecutivo nelle opere pubbliche è stata oggetto di molteplici aggiornamenti normativi, anche recentemente con la riscrittura del Codice dei contratti pubblici. Continua a permanere il confronto tra due approcci: l'accentramento della progettazione al committente pubblico e il trasferimento verso attori privati. Il contributo, oltre a indagare potenzialità e criticità di tali orientamenti, evidenzia nuovi scenari che si stanno consolidando. In particolare, partendo anche dall'esperienza emblematica delle residenze universitarie avviata con la legge 338/00, vengono individuate e prefigurate nuove possibili prospettive di evoluzione per il progetto esecutivo, i suoi contenuti e i suoi modelli produttivi.

Parole chiave: Codice dei contratti pubblici; Produzione del progetto; Norma tecnica; Progettazione-costruzione-gestione.

Il quadro normativo di riferimento

L'aggiornamento del Codice dei contratti pubblici avvenuto con il decreto legislativo 50/2016¹

ha introdotto molteplici discontinuità rispetto al quadro normativo ad esso precedente. Infatti, la scelta è stata di scrivere un nuovo codice al posto di procedere con correzioni puntuali del precedente. Le discontinuità riguardano ad esempio i modelli relazionali tra gli attori (committenza, progettista, costruttore, fornitore, gestore, ecc.); l'organizzazione delle fasi progettuali e i loro contenuti; gli elementi di attenzione nello sviluppo progettuale, nei correlati processi e nell'uso delle nuove tecnologie. Sono cambiamenti importanti che a volte ribaltano procedure introdotte circa un quarto di secolo fa con la così detta legge Merloni del 1994.

Tali discontinuità sono state introdotte per configurarsi come stimolo all'innovazione, alla qualità e all'efficienza ma, in alcuni casi, sembrano essere veri e propri arretramenti, con incongruenze e contraddizioni. Pur non essendo stato ancora definitivamente approvato il decreto del Ministro delle Infrastrutture

e trasporti prefigurato al comma 3 dell'articolo 23 che – su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare e del Ministro dei Beni e delle attività culturali e del turismo – dovrà definire i contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali, è indubbio il diverso ruolo che il codice dei contratti pubblici affida al progetto esecutivo. Costantemente nelle varie bozze di decreto si affinano i contenuti del progetto esecutivo facendo riferimento alla così detta “ingegnerizzazione” del progetto e riprendendo anche descrizioni che si ritrovano solitamente quando si fa riferimento alle possibilità degli strumenti BIM. Strumenti che permettono di identificare ogni elemento “in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo”. A livello più generale però è indubbio come si voglia far tornare la produzione del progetto esecutivo ad essere di esclusiva responsabilità della committenza. Strumenti quali l'appalto integrato sono infatti stati eliminati dal codice. La tendenza all'accentramento della responsabilità pubblica aveva recentemente portato addirittura a prevedere, nelle prime bozze della Legge di bilancio 2019, la nascita della ‘Centrale per la progettazione delle opere pubbliche’, cioè di una struttura in grado di svolgere direttamente per le amministrazioni pubbliche tutte le attività di progettazione, inclusa quella esecutiva, e di direzione lavori², che normalmente le amministrazioni delegano a consulenti esterni. Sostanzialmente, per quanto riguarda i processi di affidamento non ricadenti nelle formule di PPP³, si è ritornati ad un modello pre-Merloni, in forte continuità con l'approccio definito dalla Legge 2248 del 1865 che per più di un secolo aveva governato le opere pubbliche in Italia. In tale Legge solo la mera esecuzione dei lavori poteva essere trasferita alle imprese. Il progetto anche esecutivo era

The role of the detailed design in the public works

Abstract. The production of the detailed design in the public works has been updated several times, even recently through the adoption of the new Public Procurement Law. Two different approaches are still remaining: the centralization of the design activity in charge of the public contracting body or the externalization to private actors. The paper, beyond an investigation of the potentialities and criticalities of these approaches, outlines new scenarios that are progressively taking place. In particular, starting from the emblematic case of the student housing buildings launched in Italy with the law 338/2000, new possible prospects, new contents and models of production of the detailed design are identified.

Keywords: Public procurement law; Production of the project, Technical rule; Design-construction-management.

The normative framework

The new Public procurement law, the legislative decree n. 50/2016¹, introduced different discontinuities with respect to the previous regulatory framework. In fact, the decision consisted of writing a new law instead of applying punctual corrections to the previous one. The major innovations regard the relational models among actors (client, designer, contractor, supplier, manager, etc.); the organization of the design phases and specific contents; moreover, the key-elements within the project development as well as the adoption of new technologies. These are relevant updates of procedures defined almost 25 years ago by the Merloni law of 1994.

Despite these discontinuities aim at fostering innovation, quality and efficiency, in some cases, they represent regressions with incongruities and

contradictions. Even if the Decree of the Ministry of Infrastructures and transports – forecasted at the clause 3 of the article 23 to define the precise contents of the three levels of the project on the basis of a proposal of the Superior Council of public works in agreement with the Ministry of Environment, protection of territory and sea and with the Ministry of Cultural heritage and tourism – is still not approved, the new Code recognises a completely new role to the detailed design.

Throughout the different Decree drafts, the contents of the detailed design have been progressively implemented with particular reference to the notion of “engineering” of the project and to the possible adoption of BIM software. Tools that allow identifying each element “in shape, typology, quality, dimension and price”. More-

invece di competenza dell'amministrazione pubblica che eventualmente poteva avvalersi di consulenti per l'elaborazione degli elaborati tecnici, la cui responsabilità rimaneva però sempre in capo all'attore pubblico.

Simmetricamente a tale scenario, permangono le diverse forme di PPP in cui spesso non solo il progetto esecutivo è esternalizzato, ma la stessa ideazione dell'opera può essere demandata all'operatore privato, lasciando al settore pubblico solo l'onere di verificare la qualità delle risposte e dei servizi rispetto al quadro esigenziale pubblico che ha motivato la realizzazione dell'opera. Sono forme di affidamento in cui può permanere una totale continuità tra progetto e costruzione; tra progettisti, fornitori, costruttori e gestori.

Il nuovo scenario

In linea con il dibattito avviato con la Legge n. 584/1977, che introduceva l'esternalizzazione della progettazione esecutiva, permane così il confronto tra due approcci alternativi. Da un lato l'accentramento della progettazione al committente pubblico – con il rischio di una frattura tra il mondo del progetto e quello della produzione – e dall'altro il decentramento verso attori privati le cui priorità, se non correttamente perimetrare, non sempre collimano con le esigenze di carattere pubblico, con il rischio di un limitato controllo del progetto e degli esiti realizzativi.

A ciò si deve aggiungere il nuovo livello di competitività che si è istituito tra le diverse amministrazioni locali per poter accedere ai finanziamenti di emanazione comunitaria o nazionale. Tale competizione ha fatto sì che anche la ridefinizione del progetto preliminare in strumento con maggiori capacità anticipatorie

ver, a character-defining element of the approach of the new Code is that the production of the detailed design is an exclusive responsibility of the Contracting authorities. Tools such as "integrated agreement" (*appalto integrato*) are not anymore in the Code. The tendency to the centralization of the public responsibility had brought to consider in the first drafts of the Budget law 2019 the establishment of the so-called "Head design office of public works", that was a structure able to directly conduct design activities for public administrations, including the detailed design, the works management², thus activities normally externalized.

Basically, with reference to work contracts not belonging to the PPP³ framework, the approach seems to be in continuity to the existing model before the Merloni law, defined by the law n.

2248/1865, that for almost one century ruled the public works sector in Italy. In that law only the construction could be transferred to the private companies, while the entire project, including the detailed phase, was directly developed by the public administration, potentially supported by external advisor but in any case recognized as direct responsible of the initiatives.

At the same time in the new Code some PPPs remains, characterized by the complete externalization of the detailed design as well as of the works management and, in some cases, with the conception of the public work transferred to the private operator. In these scenarios, public sector is recognized as controller of the quality of the project, with specific reference to the public need and requirement framework. These models generally show an overall continuity between design and

delle ricadute attuative – progetto di fattibilità tecnica ed economica – non abbia significativamente invertito la tendenza di far evolvere il progetto esecutivo in vero e proprio strumento decisionale, anche per la definizione delle scelte puntuali che costruiscono la programmazione nazionale. La volontà di contenere i rischi e, probabilmente, i costi particolarmente "irrisori" dell'attività di progettazione nel contesto italiano⁴, sta modificando il significato della progettazione esecutiva.

I più recenti modelli di finanziamento delle opere pubbliche identificano nel progetto esecutivo il momento di valutazione della finanziabilità degli interventi. Sempre più diffusi sono i programmi/bandi che, al fine di individuare le priorità di finanziamento, richiedono alle stazioni appaltanti di fornire esclusivamente una progettazione di carattere esecutivo. In altri casi, la presentazione del solo progetto definitivo rappresenta un elemento di penalizzazione nella definizione delle graduatorie.

Ad esempio, il Bando Periferie del 2016⁵ richiedeva che i progetti, da presentarsi nei novanta giorni successivi alla pubblicazione del bando, dovessero «essere stati approvati come progetti definitivi o esecutivi» (articolo 6). Poiché il bando premiava la «tempestiva esecutività degli interventi» (articolo 7), il possesso del progetto esecutivo, oltre alle autorizzazioni ottenibili con il progetto definitivo, rappresentava un valore aggiunto importante.

È inderogabile una riflessione attorno al meccanismo di produzione del progetto esecutivo, quale momento chiave del passaggio tra definizione delle soluzioni in risposta al quadro esigenziale e loro attuazione. Precursore di tale approccio è stato il settore delle residenze universitarie. Già nel 2000, le indicazioni legislative del MIUR individuavano nel progetto esecutivo lo strumento più adatto per dare collocazione geografica e struttura fisica

construction phases as well as between designers, suppliers, contractors and managers.

The new scenario

In line with the debate developed with the Law n. 584/1977 that introduced the externalization of the detailed design, there are still two different approaches. On the one hand, the centralization of the detailed design activity to the public contracting authority – with the risk of a discontinuity between design and construction phases – and, on the other hand, the decentralization towards private operators – with the risk of a limited control of the project and of the realization, due to the difficult alignment between public and private priorities and skills.

A new competitive approach between local administrations to access to European and national funding and

grants has progressively taken place. This competition implied the definition of a new role the preliminary design – now defined as technical and economic feasibility project – with greater anticipatory capacity of the implementation effects not affecting the general tendency of considering the detailed design as decision-making tool. The need of containing risks and, probably, the particularly low costs of the design activity of the Italian context⁴, are profoundly changing the meaning of the detailed design.

The most recent models of financing for public works identify in the detailed design the moment of evaluation of the financing of the interventions. The programs/tenders that in order to identify the funding priorities require providing only a detailed design are increasingly widespread. In other cases, the presentation of only the definitive

agli investimenti definiti nella prima fase di carattere programmatico che aveva in sé contenuti principalmente finanziari. Per questa ragione, il caso delle case per studenti rappresenta una realtà di interesse per comprendere cosa possa significare questa evoluzione del ruolo del progetto esecutivo.

Il progetto esecutivo nella Legge 338/2000 La realizzazione di residenze per studenti universitari, infatti, si è costituita come momento di particolare discontinuità nel contesto nazionale per la presenza di specifiche procedure di attribuzione del contributo pubblico. Si tratta di una tipologia di opere che è stata oggetto di una radicale riforma con l'emanazione della legge 338 nel 2000 "Disposizioni in materia di alloggi e residenze per studenti universitari"⁶, dispositivo attraverso il quale lo Stato ha avviato un programma organico di stanziamenti destinato alla costruzione, riqualificazione e adeguamento di alloggi per studenti con la previsione obbligatoria di quote di servizi allo studente. L'erogazione del contributo pubblico, non superiore al 50% del costo totale di progetti esecutivi immediatamente realizzabili, si è concretizzato in una successione di programmi finanziari e bandi nazionali emanati dal MIUR. Una selezione di interventi ammissibili basata su specifici criteri di valutazione, con progetti esaminati da commissioni tecniche. I soggetti eleggibili a tali cofinanziamenti sono sia pubblici che privati⁷.

Una riforma legislativa resasi necessaria per sopperire alla domanda insoddisfatta di residenzialità universitaria del contesto Italiano, anche in raffronto ad altri Paesi. Una mancanza di offerta di alloggi con impatti negativi sulla generale condizione di vita e di studio della popolazione studentesca, sulla predisposi-

project represents a penalizing element in the definition of the rankings. For example, the 2016 *Bando Periferie*⁵ required that the projects, to be submitted in the ninety days following the publication of the tender, should «have been approved as definitive or executive projects» (article 6). Since the announcement rewarded the «timely execution of the interventions» (article 7), the possession of the detailed design, in addition to the authorizations obtainable with the definitive project, represented an important added value. A reflection on the mechanism of developing the detailed design is mandatory, as a key moment in the transition between the definition of solutions in response to the requirement framework and their implementation. The university housing sector was a forerunner of this approach. Already in 2000, the legislative indications of the

MIUR identified the detailed design as the most suitable instrument to give geographical location and physical structure to the investments defined in the first phase of a programming character, which had mainly financial contents in itself. For this reason, the case of student housing is particularly interesting, in order to understand the potentialities of this evolution of the role of the detailed design.

The detailed design in the Law 338/2000

The construction of student housing, in fact, has represented for the Italian context a marked discontinuity with the past for the conferment of public funding.

The Law n. 338/2000 "Regulations regarding accommodation and residences for university students"⁶ has radically reformed this typology of public

zazione alla mobilità interna, sulla capacità di ospitalità di studenti internazionali, nonché sulla complessiva attrattività del sistema universitario nazionale (Del Nord, 2014). Il dispositivo legislativo si è posto a superamento delle precedenti fasi della politica tecnica in materia, con una prevalenza del mercato della locazione privata.

Il meccanismo di attribuzione di contributi statali ha permesso uno sviluppo significativo di questo segmento di opere (Baratta Piferi, 2016), con la promulgazione ad oggi di quattro bandi. Alcuni bilanci sull'efficacia di questo strumento sono stati fatti; ad oggi sono stati finanziati 338 interventi, sia sull'esistente che di nuova costruzione, con un incremento di 29.400 posti alloggi con i primi tre bandi⁸.

Criteri di valutazione per l'attribuzione del contributo pubblico

I decreti ministeriali di accompagnamento alla legge definivano le procedure di presentazione dei progetti, le tipologie di intervento, i criteri di valutazione, i piani triennali, nonché gli standard minimi dimensionali e i parametri tecnici ed economici⁹.

L'individuazione dei progetti co-finanziabili avveniva sulla base di criteri relativi alla coerenza con la programmazione ministeriale, al fabbisogno di posti alloggio, all'economicità dell'intervento, alla qualità – «valutata in relazione al livello di funzionalità e di comfort della tipologia proposta, nonché in relazione al grado di sostenibilità ambientale ed innovazione tecnica» –, alla compartecipazione finanziaria di soggetti terzi, all'esperienza del soggetto richiedente e alla «rapidità del risultato di utilizzabilità dell'opera»¹⁰. Venivano inoltre definiti i contenuti tecnico-proget-

buildings, through the establishment by the State of a systematic program of funding for the construction, rehabilitation and update of dwellings and buildings for university students, with the mandatory provision of services. The public subsidy, minor than the 50% of the overall costs forecasted by detailed projects immediately feasible, consisted of a series of national tenders promoted by the MIUR. The selection of the admissible projects is based on specific assessment criteria and on a projects' analysis by a technical committee. Both private and public institutions may take part in the MIUR national tenders⁷.

The reform was necessary in order to meet a remarkable unsatisfied demand of university student housing in Italy, especially with reference to other Countries. A lack in the supply of dwellings and services that deter-

mined negative impacts on the general living conditions and studying of the students, on the internal mobility as well as to the capacity of hosting international students and on the overall appeal of Italian university system (Del Nord, 2014). Therefore, the law was a breakthrough in a context characterized by the high prevalence of the private renting market.

The assignment of the public funding allowed a significant development of this segment of public works (Baratta Piferi, 2016), though the launching of four national competitions. Some balances of the efficiency of this instrument has been made; until today 338 projects have been financed, both for new construction and rehabilitation, with an overall increasing in the number of places of 29.400 in the first three tenders⁸.

tuali da allegare alla domanda e da presentare al Ministero dopo la pubblicazione dei piani triennali. Una programmazione che definiva scadenze anche per le gare di appalto e l'avvio dei lavori. Il dispositivo normativo incidereva anche sugli aspetti progettuali definendo aspetti prescrittivi ed essenziali. Nell'allegato A al decreto ministeriale erano individuati gli "standard normativi con valori prescrittivi minimi senza soglie massime". Ciò ha garantito il raggiungimento di buoni livelli di qualità lasciando al contempo gradi di libertà progettuale, comunque non derogando da un complessivo rigore tipologico delle realizzazioni, anche a fronte della compartecipazione finanziaria e dell'onere della gestione in capo ai beneficiari dei contributi (Del Nord, 2014).

L'elemento che costituisce un'invariante dei bandi ministeriali riguarda l'obbligatorietà della predisposizione del progetto esecutivo per il riconoscimento del contributo pubblico. Tale livello è considerato il momento di controllo delle scelte adottate per verificare la corrispondenza ai criteri di efficienza tipologica, di economicità, di fattibilità tecnica e di cantierabilità, nonché di rispetto dei parametri dimensionali e qualitativi. Il dispositivo legislativo prevedeva la possibilità che la selezione degli interventi co-finanziabili potesse avvenire anche sulla base di un progetto definitivo, richiedendo la presentazione del progetto esecutivo in coerenza entro duecentodieci giorni dalla pubblicazione del piano triennale. La predisposizione del progetto esecutivo rappresentava un elemento di garanzia per l'avvio delle fasi di costruzione, con la richiesta di contenuti propedeutici all'appalto e cantierizzazione. Tra questi, oltre agli elaborati architettonici, strutturali e impiantistici, il computo metrico estimativo, il quadro economico, il cronoprogramma e il capitolato speciale d'appalto. Si evidenzia inoltre come il quarto bando ponesse due ulteriori

Assessment criteria for the assignment of the public funding

The ministerial decrees associated with the Law define the procedures for the presentation of the projects, the allowed typologies of intervention, the assessment criteria, the three-year-plans, as well as the minimum dimensional standards and technical and economic parameters⁹.

The selection of the projects is based on criteria of coherence with the ministerial program, of the need of dwellings, of the economical feasibility, of the quality – «considered with reference to the level of functionality and comfort, environmental sustainability and technical innovation» – of the financial private participation, of the experience of the institution as well as of the «rapidity in the usage of the building»¹⁰. Furthermore, the decrees prescribe the precise list of technical

and design contents to submit after the publication of the three-year-plans. A scheduling with deadlines for the construction tenders and for the start of the works.

The law directly affects the design solutions defining prescriptive and requirements aspects. In the Annex A of the ministerial decree are identified the "standards with minimum spatial values without maximum limits". This approach has guaranteed the achievement of high levels of quality leaving, at the same time, levels of freedom in the projects, with a general typological accuracy, due to the financial role played by the privates in the management of the structures (Del Nord, 2014).

An unvaried element throughout the ministerial competitions regards the compulsoriness of the detailed design in order to be eligible of the public

elementi a favore della continuità tra progettazione, costruzione e operatività dei manufatti. Si faceva riferimento all'obbligo di presentazione del "modello di gestione"¹¹ e della "validazione del progetto". In particolare, la validazione del progetto, disciplinata nel codice dei contratti pubblici e già oggetto di diversi aggiornamenti normativi a partire dalla legge Merloni, laddove previsto dalla normativa, costituisce un ulteriore elemento di controllo del progetto al fine di contenere i rischi di natura tecnica in fase realizzativa.

Peculiarità del modello e condizioni di estendibilità

Il caso delle residenze universitarie appare rilevante nell'ottica di analizzare un modello procedurale articolato, dove il progetto esecutivo, sviluppato a partire da criteri di qualità, fattibilità ed efficienza tecno-tipologica, assume un ruolo primario per la realizzazione delle iniziative. Un meccanismo che, al netto di criticità ancora riscontrabili tipiche del settore delle opere pubbliche – attinenti principalmente il rispetto dei costi e dei tempi previsti in progetto (Piferi, 2014) – rappresenta senza dubbio, per il contesto italiano, uno dei pochi casi di programmazione di medio-lungo periodo con la predisposizione di procedure atte a favorire una ricucitura tra progettazione e costruzione. L'organizzazione di bandi di selezione fondati su criteri di economicità e fattibilità con la presenza di una commissione tecnica, l'impostazione esigenza-prestazionale dei decreti, la responsabilizzazione progettuale e gestionale dei beneficiari e la centralità del progetto esecutivo, indicano una strada orientata al contenimento di alcune delle distorsioni del sistema consolidato di produzione di opere pubbliche. Oltre al significativo incremento quantitativo di questo segmen-

tation. This design level is considered as the proper one for the assessment and verification of the coherence between the adopted choices and the criteria of typological efficiency, technical feasibility and buildability, as well as the respect of the dimensional and qualitative standards. The law envisages the participation to the national competition with the definitive design level, requiring the detailed one within 210 days after the publication of the three-year-plans. Therefore, the detailed design represents an element of guarantee for the construction, with the request of specific documents for the tender and the construction phases. Among these documents, beyond the detailed architectural, structural and systems drawings, there are the costs estimation, the economic plan, the time-schedule and the technical specifications for the bids.

The fourth national competition introduces new elements aiming at providing a certain continuity between the phases of design, construction and management of the buildings. The reference is to the compulsoriness of the "management model"¹¹ and of the "project validation". In particular, the project validation, ruled by the Public Procurement Law and object of updates from the Merloni Law onwards, constitutes a relevant additional element of control of the project aimed at containing the technical risks in the construction.

Peculiarities of the model and conditions of extensibility

The case of the student housing buildings is relevant in the perspective of analysing an articulated procedural model, where the detailed design, developed starting from criteria of qual-

to, il modello ha permesso progressivi aggiornamenti qualitativi e una continua sperimentazione tecno-tipologica e funzionale (Del Nord, 2016); elementi di indubbia peculiarità.

Comunque l'esperienza ha anche evidenziato alcuni limiti nel momento in cui i contenuti del progetto esecutivo divengono strumentali ad un'attività concorsuale per l'assegnazione di fondi e i tempi per la loro predisposizione vengono compressi da una calendarizzazione stringente. Quando tali documenti vengono utilizzati per le gare di appalto e per guidare l'attività di costruzione, i contenziosi e le varianti in corso d'opera hanno un'incidenza simile alle altre tipologie di opere pubbliche (Vitola Dalla Longa Pisano, 2016).

Tuttavia, a fronte di un contesto nazionale fortemente differenziato e ancora caratterizzato dalla numerosità delle stazioni appaltanti, l'uso della norma tecnica come strumento di guida e controllo degli esiti a livello della progettazione esecutiva presenta delle opportunità di evidente interesse.

Si tratta di una soluzione ampliabile ad altre tipologie di opere pubbliche e che facilita il controllo della qualità media degli interventi senza necessariamente appesantire o rallentare la struttura amministrativa pubblica. Inoltre, questo approccio ha anche evidenziato una concreta capacità di aggiornamento continuo, rapido ed efficace. Rapidità che anche il modello normativo delle opere pubbliche introdotto con il decreto legislativo 50/2016 aveva cercato di perseguire, ad esempio con l'uso delle Linee guida ANAC¹², ma con minor successo.

Prospettive e sfide

Il progetto esecutivo, nelle diverse sfaccettature che sta assumendo all'interno delle opere pubbliche, rimane una sfida aper-

ity, feasibility and techno-typological efficiency, assumes a primary role for the success of the initiatives. A mechanism that, including some typical criticalities of the public works – mainly referable to the respect of costs and timing forecasted in the project (Piferi, 2014) – undoubtedly represents for the Italian context one of the few cases of medium-large period program with the definition of detailed procedures aimed at fostering a reconnection between design and construction. The organization of competitions for the selection of projects based on economical feasibility with the presence of a technical committee, the requirement-performance approach, the responsibility given to the beneficiaries of the public funding and moreover the centrality of the detailed design point out a direction to the correction of some of the most common lacks in

the field of public works. Beyond the remarkable quantitative increasing in this sector, the model allowed progressive qualitative updates and a continuous techno-typological and functional experimentation (Del Nord, 2016); these are character-defining elements of the model.

Furthermore, this experience underlined also some disadvantages, with particular reference to the cases of competitions with a tight time scheduling for the development of the detailed projects. In these circumstances, the number of controversies and amendments reaches levels quite similar to other typologies of public works (Vitola Dalla Longa Pisano, 2016).

However, in comparison to a national context extremely heterogeneous with a high number of contracting bodies, the usage of the technical rule as tool for guiding and checking the project

ta per la Progettazione tecnologica dell'architettura. Proprio le nuove sfaccettature rendono incomprensibile un appiattimento, prefigurato in alcune proposte normative, della fase esecutiva come semplicistico momento di "ingegnerizzazione". È anzi evidente come, al contrario, possa assumere una valenza di forte progettualità predittiva, di controllo e garanzia della qualità delle opere, ed anche – in questo caso forse snaturando lo strumento – di momento decisionale rispetto al quadro programmatico. È così possibile pensare nuove relazioni tra regola tecnica e progetto esecutivo. Si tratta di un tema ben noto nell'area della Tecnologia. Infatti tali relazioni avevano avuto un particolare approfondimento dal secondo dopoguerra agli anni Ottanta con riferimento al tema della casa sociale¹³. In tale contesto infatti le politiche tecniche e le correlate normative erano diventate strumenti pervasivi in grado di controllare qualitativamente ed anche quantitativamente gli esiti delle progettazioni di dettaglio (Schiaffonati, 2014). Un'esperienza importante che forse oggi può essere riletta rispetto al tema del progetto esecutivo nelle opere pubbliche e arricchita con le sperimentazioni adottate a valle della legge 338/2000. Più in generale, con riferimento all'ampio segmento delle opere pubbliche, appare una necessità nonché opportunità da percorrere l'aggiornamento e il completamento delle norme tecniche esistenti. Tale strumento applicato ad esempio alla realizzazione di strutture sanitarie, edifici per l'educazione scolastica, residenze sociali, e non solo naturalmente, potrebbe da un lato incentivare e garantire le prestazioni dei manufatti e dall'altro favorire il governo della realizzazione delle opere pubbliche promosse dagli enti locali (Comuni, Città Metropolitane, Province, Regioni) ed enti pubblici per una maggiore qualità diffusa sul territorio nazionale.

presents important opportunities.

This solution, transferrable to other typologies of public works, supports the control of the average quality of the interventions not worsening and slowing down the public action. Moreover, this approach has also demonstrated a capacity of continuous, rapid and efficient updating. Rapidity and efficiency pursued also by the Legislative decree 50/2016 through, for instance, the ANAC Guidelines¹², but with a lower success.

Prospects and challenges

The detailed design, within the different aspects assumed in the framework of the public works, is an open challenge for the Architectural technology field. Precisely these aspects make unjustifiable the tendency, forecasted by some legislative proposals, to consider the detailed design as a mere moment

of simple "engineering". On the contrary, it is evident that it can assume a strong predictive design role, of control and of guarantee of the quality of the works, as well as – maybe attributing new meanings to this design phase – of decision-making moment with reference to the programming framework. Thus, it is possible to consider new relationships between the technical rule and the detailed design. This is an issue well known in the field of Architectural technology. Indeed, these relationships have been investigated since the post war period until the Eighties with reference to the social housing¹³. In such context, the technical policies and the related rules had a central role for the qualitative and quantitative control of the outputs of the design activity (Schiaffonati, 2014). This important experience today can be reconsidered with respect to the issue of the detailed

La Tecnologia dell'architettura non può esimersi dal restituire centralità nella sua attività ricerca alle tematiche sopra descritte, indagando nuovi modelli organizzativi, processuali e contenutistici per il progetto esecutivo così da ridare centralità ad una fase del più ampio processo progettuale non scontata e non comprimibile in semplice passaggio tecnico.

NOTE

¹ Il decreto legislativo n. 50 del 2016 è stato introdotto per recepire direttive europee 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE che aggiornavano i riferimenti comunitari rispetto all'aggiudicazione dei contratti di concessione, agli appalti pubblici e alle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, ed inoltre riordinavano la disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. Il decreto rispetto alla sua versione originale è stato modificato già due volte: con il decreto legislativo n. 56 del 2017 e la legge n. 96 del 2017.

² Nella bozza del 31 ottobre 2018 della Legge di bilancio 2019 era infatti previsto l'articolo 17 (Centrale per la progettazione delle opere pubbliche) che prevedeva l'istituzione di tale struttura a partire dal 1° gennaio 2019.

I compiti previsti erano: «a) progettazione di opere pubbliche e ogni altra prestazione relativa alla progettazione di fattibilità tecnica ed economica, definitiva ed esecutiva di lavori, collaudo, nonché, ove richiesta, anche direzione dei lavori e incarichi di supporto tecnico-amministrativo alle attività del responsabile del procedimento e del dirigente competente alla programmazione dei lavori pubblici; b) gestione delle procedure di appalto in tema di progettazione per conto della stazione appaltante interessata; c) predisposizione di modelli di progettazione per opere simili o con elevato grado di uniformità e ripetitività; d) valutazione economica e finanziaria del singolo intervento; e) assistenza tecnica alle amministrazioni coinvolte nel partenariato pubblico/privato».

design in the public works sector, and enriched with the experimentations developed with the Law 338/2000. More in general, with reference to the broad framework of the public works, it seems to be necessary and worth an updating and further development of the existing technical rules. This tool applied, for instance, to the hospital architecture, to buildings for education, to social housing, may guarantee higher performance of the buildings, and it may foster the management of the construction of public works promoted by local institutions (Municipalities, Metropolitan cities, Provinces, Regions) and by public authorities for a higher diffused quality in the national territory.

The Architectural technology has to consider crucial in its research activities the above-mentioned issues, investigating new organizational, pro-

cessual and content models for the detailed design, in order to relaunch this complex phase not compressible into a mere technical step.

NOTES

¹ The legislative decree n. 50/2016 was introduced to implement the European directive 2014/23/UE, 2014/24/UE and 2014/25/UE that updated the communitarian references for the attribution of the contracts of concession, public tenders and contracting bids for the provision of water supply, energy, transportation and postal services. As well as it reorganises the framework of public contracts for works, services and supplies. With respect to the first version of the decree, there have been two modifications: the legislative decree n. 56/2017 and the n. 96/2017.

² In the draft of the 31st of October

³ PPP o "Partenariato Pubblico Privato". Con questa definizione si riassumono le diverse forme contrattuali di collaborazione tra attori pubblici e privati, che prevedono la partecipazione dei privati alla progettazione, realizzazione e/o gestione di opere e servizi per la collettività. Tali formule sono nate sia per limitare l'indebitamento pubblico, che per favorire l'acquisizione di know-how privato.

⁴ Facendo riferimento ai dati Eurostat del 2014 si evidenzia come l'incidenza economica del progetto rispetto al costo di costruzione in Italia sia meno della metà di nazioni come Francia, Olanda, Spagna, Svizzera arrivando a valori di meno di un terzo rispetto alla Gran Bretagna.

⁵ Con tale titolo ci si riferisce al bando approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 25 maggio 2016 (Approvazione del bando con il quale sono definiti le modalità e la procedura di presentazione dei progetti per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie delle città metropolitane, dei comuni capoluogo di provincia e della città di Aosta) finalizzato a distribuire nella sua prima annualità 500 milioni di euro.

⁶ In precedenza era stata emanata la legge n. 431 del 1998, con una specifica modalità contrattuale per la locazione agevolata a studenti universitari. Già la legge n. 390 del 1991 promuoveva programmi pluriennali da parte delle regioni per interventi su residenze per studenti universitari.

⁷ Legge n. 338 del 2000, art. 1: «regioni, delle province autonome di Trento e di Bolzano, degli organismi regionali di gestione per il diritto allo studio universitario [...], delle università statali e di quelle legalmente riconosciute, dei collegi universitari [...], di consorzi universitari [...] di cooperative di studenti senza fini di lucro [...]».

⁸ Ricerca svolta dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze per conto del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca e della Cassa Depositi e Prestiti, con la responsabilità scientifica del prof. Romano Del Nord e poi del prof. Roberto Bologna.

⁹ Nelle quattro applicazioni della legge sono stati pubblicati i seguenti decreti relativi alle "Procedure e modalità per la presentazione dei progetti e per l'erogazione dei finanziamenti" e agli "Standard minimi dimensionali e

2018 of the Budget law 2019 the article 17 (Head design office of public works) was included, forecasting the institution of the office from the 1st of January 2019. The tasks of the office were: a) design of public works and any other services relating to the technical and economic feasibility project, definitive and detailed design, testing, as well as, where requested, also work supervision and technical-administrative support tasks for the activities of the project manager responsible of the procedure and the competent manager for the planning of public works; b) management of the procurement procedures; c) preparation of design models for similar works or those with a high degree of uniformity and repeatability; d) economic and financial assessment of the interventions; e) technical assistance to the administrations involved in the public-private partnerships.

³ PPP or "Public-private partnership". Through this definition, different contracting models of collaboration between public and private actors for the design, construction and management of public buildings and services are meant.

⁴ With reference to the Istat data 2014, the economic incidence of the project with respect to the overall construction cost in Italy is less than half of the average incidence in France, Holland, Spain, Switzerland, with values of almost one third in comparison with Great Britain.

⁵ This is the title of a national competition launched through a Decree of the 25th of May 2016 of the Prime Minister (Approval of the competition with the procedures for the presentation of the bids for projects of urban rehabilitation and security in the outskirts of the metropolitan areas, of the main mu-

qualitativi e linee guida relative ai parametri tecnici ed economici”: DM 116 e 118 del 2001; DM 42 e 43 del 2007; DM 26 e 27 del 2011; DM 936 e 937 del 2016. In questa sezione

si fa riferimento in particolare ai decreti ministeriali relativi al quarto bando.

¹⁰ DM 937 del 2016, art. 6 comma 4.

¹¹ DM 937 del 2016, art. 7 comma 11.

¹² Le linee guida ANAC nascevano come «documenti dai contenuti fortemente operativi, contenenti procedure e indicazioni la cui efficacia ed efficienza potesse essere verificata in breve tempo attraverso il monitoraggio degli appalti e dei relativi affidamenti e gare, che di conseguenza potessero essere rapidamente modificati rispetto alle criticità emerse nell'uso» (Tartaglia 2018:51). Tale approccio, non totalmente condiviso anche dagli esperti di diritto ed anzi oggetto di molti dibattiti e interpretazioni giuridiche, non è stato in grado di ottenere pienamente gli obiettivi che si era proposto ed anzi sembra subire un progressivo processo di irrigidimento e di rallentamento nel miglioramento continuo, caratteristica che invece ne aveva giustificavano l'inserimento nel quadro normativo dei lavori pubblici.

¹³ Come ha evidenziato Acocella «la progettazione esecutiva degli interventi edilizi Gescal è stata comunque fortemente condizionata dalla normativa tecnica» (1980:); anche Schiaffonati con riferimento alle scelte adottate da Regione Lombardia nel 1977 evidenzia come: «la strada seguita con i progetti-tipo si colloca nella direzione di anticipare la fase della progettazione – con un successivo limitato adattamento della progettazione esecutiva ai vincoli dell'ubicazione e del programma di intervento» (2014).

municipalities and of the town of Aosta) aimed at allocating for the first year approximately 500 million of euro.

⁶ Previously, the Law n. 431/1998 forecasted a specific contract for the subsidized rent for university students. The Law n. 390/1991 already fostered multi-year programs by regions for the interventions of student housing.

⁷ The Law n. 338/2000, article 1: «regions, autonomous provinces of Trento and Bolzano, regional institutions for the support to the university studies [...], of the public universities, the recognized ones, the university colleges, the university consortiums [...] no-profit students' cooperatives [...]».

⁸ Research conducted by the Department of Architecture of the Università degli Studi di Firenze, for the Ministry of Education, University and Research and Cassa Depositi e Prestiti, with the scientific responsibility of prof. Roberto

Del Nord and later on of prof. Roberto Bologna.

⁹ Towards the four application of the law the following decrees with reference to the “Procedures and modalities of presentation of the projects for the allocation of the funding” and to the “Minimum dimensional and qualitative standards and guidelines for technical and economical parameters” have been published: DM 116 and 118 in 2001; DM 42 and 43 in 2007; DM 26 and 27 in 2011; DM 936 and 937 in 2016. In this section a particular reference is to the decrees of the fourth national competition.

¹⁰ DM 937 of the 2016, art. 6 clause 4.

¹¹ DM 937 of the 2016, art. 7 clause 11.

¹² The ANAC guidelines were born as «documents with highly operational contents, containing procedures and indications whose effectiveness and efficiency could be verified in a short

REFERENCES

Acocella, A. (1980), *L'edilizia residenziale pubblica in Italia dal 1945 ad oggi*, Cedam, Padova.

Baratta, A. and Piferi, C. (2016), “Residenze e servizi per studenti universitari”, in Del Nord, R., Baratta, A., and Piferi, C. (Eds.), *Residenze e servizi per studenti universitari*, Centro Interuniversitario di Ricerca TESIS, Firenze, pp. 7-10.

Del Nord, R. (2014), “L'innovazione di processo come strumento per promuovere la qualità delle opere”, in Del Nord, R. (Ed.), *Il processo attuativo del piano nazionale degli interventi per la realizzazione di residenze universitarie*, Edifir, Firenze, pp. 17-28.

Del Nord, R. (2016), “Processi e metodi innovativi per la promozione della qualità architettonica delle residenze universitarie”, in Del Nord, R., Baratta, A. and Piferi, C. (Eds.), *Residenze e servizi per studenti universitari*, Centro Interuniversitario di Ricerca TESIS, Firenze, pp. 13-16.

Karrer, F. and Pasanisi (2016), “Il ciclo della programmazione e del progetto nel nuovo Codice degli appalti e delle concessioni”, *ApertaContrada - riflessioni su società diritto economia*, Roma.

Losasso, M. (Ed.) (2005), *Innovazione e progetto. La progettazione integrata per la qualità architettonica*, Clean, Napoli.

Schiaffonati, F. (2014), *Il progetto della residenza sociale*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Tartaglia, A. (2018), *Progetto e nuovo Codice dei contratti*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Vitola, F., Dalla Longa, R. and Pisano, C. (2016), “Un approccio modulare e integrato per l'esecuzione di operazioni complesse di sviluppo edilizio e gestione immobiliare: il caso delle residenze universitarie del Politecnico di Milano”, in Del Nord, R., Baratta, A. and Piferi, C. (Eds.), *Residenze e servizi per studenti universitari*, Centro Interuniversitario di Ricerca TESIS, Firenze, pp. 79-92.

time through the monitoring of the contracts and of the relative assignments and tenders, which consequently could be quickly modified with respect to the criticalities emerged during the running use» (Tartaglia 2018:). This approach, which was not fully accepted by the legal experts and it was the focus of many debates and legal interpretations, was not able to fully achieve the objectives that had been proposed. It seems to undergo a progressive process of slowing down in continuous improvement activity, a significant feature that had justified its inclusion in the regulatory framework of public works.

¹³ As outlined by Acocella «the detailed design of the social housing buildings by Gescal has been strongly affected by the technical rule» (1980); also Schiaffonati with reference to the choices adopted by Regione Lombardia in

1977 outlines that: «the path followed through the type-projects determines an anticipation of the phase of the design - with a further limited adjustment of the detailed design phase to the localization constraints and to the specific intervention program» (2014).

Domenico D'Olimpio,

Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

domenico.dolimpio@uniroma1.it

Abstract. Spesso la progettazione esecutiva assolve al suo compito di definire "compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare", ma risulta carente della consapevolezza dei molteplici agenti di degrado e dei possibili fattori di alterazione che possono interferire, agendo sull'opera edilizia finale e in esercizio, sui suoi livelli prestazionali, sulla sua durabilità e sulla qualità edilizia più in generale. Il risultato di tali carenze informative del progetto esecutivo è, molto spesso, quello di una carenza nella qualità tecnica del progetto. Tale situazione determina, inevitabilmente, una non qualità edilizia, soprattutto in riferimento al mantenimento, nel tempo, dei livelli prestazionali, che andranno a decadere in funzione di processi di invecchiamento patologico del tutto incongruenti con la vita economica dei manufatti edilizi in questione. Occorre pertanto definire specifici approcci metodologici per l'individuazione delle correlazioni tra agenti di degrado – condizioni di degrado e guasto – opzioni tecnico-costruttive.

Parole chiave: Patologia edilizia; Qualità edilizia; Agenti di degrado; FMEA; Risk Management.

La considerazione dei possibili agenti di degrado e fattori di alterazione per l'innalzamento dei livelli prestazionali e qualitativi delle opere edilizie

Spesso la progettazione esecutiva assolve al suo compito di definire «compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare» (D.lgs. 18 aprile 2016 n. 50; Art. 33),

costituendo di fatto l'effettiva ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni previste, ma risulta carente della consapevolezza dei molteplici agenti di degrado e dei possibili fattori di alterazione che possono interferire, agendo sull'opera edilizia finale e in esercizio, sui suoi livelli prestazionali, sulla sua durabilità e sulla qualità edilizia più in generale. La conoscenza delle variazioni fisiche e chimiche alle quali l'opera edilizia e i suoi componenti possono essere soggetti, anche in tempi differiti e in ragione della loro interazione con lo specifico contesto ambientale di

riferimento, è spesso sottovalutata in rapporto soprattutto alle sue *potenzialità informative* in relazione al progetto esecutivo, che potrebbero assicurare una più adeguata scelta dei materiali e delle soluzioni costruttive. Del resto, «nel progetto non può essere dato per scontato il momento costruttivo, meramente rinviandolo ai processi tradizionalmente acquisiti» (La Creta, 1994) e l'individuazione di specifiche soluzioni tecnico-costruttive in grado di tener conto dei fattori di possibile degrado e alterazione del manufatto costruito e dei suoi componenti diviene una tematica di assoluta rilevanza, anche nell'ottica di una effettiva sostenibilità economica e gestionale dell'opera edilizia.

Il risultato di tali carenze *informative* del progetto esecutivo è, molto spesso, quello di una carenza nella *qualità tecnica* del progetto, laddove, in particolare, ci si rapporta all'ambito delle «tecniche materiali, riferito specificamente alla costruzione nei suoi diversi aspetti: strutturali, di scelta [...] dei materiali, della loro messa in opera» (Gregotti, 2002). Tale situazione determina, inevitabilmente, una *non qualità edilizia*, soprattutto in riferimento al mantenimento, nel tempo, dei livelli prestazionali, che andranno a decadere in funzione di processi di invecchiamento patologico del tutto incongruenti con la *vita economica* dei manufatti edilizi in questione.

Qualità del progetto e qualità del prodotto edilizio

La «qualità complessiva del prodotto architettonico non può prescindere, comunque, dalla stretta rispondenza delle scelte tecniche all'idea informatrice del progetto» (La Creta, 1994), ma ciò non è sufficiente per assicurare una reale ed elevata qualità del prodotto edilizio. Il progetto esecutivo deve necessariamente in-

La «qualità complessiva del prodotto architettonico non può prescindere, comunque, dalla stretta rispondenza delle scelte tecniche all'idea informatrice del progetto» (La Creta, 1994), ma ciò non è sufficiente per assicurare una reale ed elevata qualità del prodotto edilizio. Il progetto esecutivo deve necessariamente in-

Executive project and building pathology

Abstract. Often the executive design performs its task of defining "completely and in every architectural, structural and plant detail the intervention to be carried out", but it is lacking in the awareness of the multiple agents of degradation and Possible factors of alteration that can interfere, acting on the construction work final and in operation, on its performance levels, on its durability and on the quality of building more generally. The result of these information deficiencies of the Executive project is, very often, that of a deficiency in the technical quality of the project. This situation inevitably determines a non-quality of construction, especially in reference to the maintenance, over time, of the performance levels, which will decay in function of processes of pathological ageing completely inconsistent with life of the building artifacts in question. It is therefore necessary to define specific methodological approaches for the identifi-

cation of correlations between degradation agents – conditions of degradation and failure – technical-constructive options.

Keywords: Building pathology; Building quality; Degradation agents; FMEA; Risk Management.

The consideration of possible agents of degradation and factors of alteration for the raising of the performance and qualitative levels of the building works

Often the executive design performs its task of defining "completely and in every architectural, structural and plant detail the intervention to be carried out" (D.lgs. 18 April 2016 n. 50; Art. 33), constituting the actual engineering of all the planned processes, but it is lacking in the awareness of the multiple degradation agents and

the possible factors of alteration that may interfere, acting on the final building work and in exercise, on its performance levels, on its durability and on the building quality more generally. The knowledge of the physical and chemical variations to which the construction work and its components can be subject, even in deferred times and because of their interaction with the specific environmental context of reference, is often underestimated in reference, above all, to its informative potential in relation to the executive project, which could ensure a more appropriate choice of materials and constructive solutions. Moreover, «in the project it cannot be taken for granted the constructive moment, merely postponing it to the traditionally acquired processes» (La Creta, 1994) and the identification of specific technical-constructive solutions able to take into

dividuare le specificità fisico-costitutive, nonché tecnico-realizzative, dell'opera edilizia, e tale funzione non può essere solamente correlata agli obiettivi di assicurazione del rispetto di requisiti di ordine esclusivamente funzionale, architettonico, economico, o di risposta alle differenti normative di settore, ma dovrebbe necessariamente contemplare gli aspetti tecnico-previsionali dell'interazione tra il manufatto costruito e il contesto ambientale, di ordine naturale e antropico, nel quale andrà ad inserirsi. Più in generale, nella progettazione esecutiva, dovrebbero essere necessariamente considerati aspetti, problematiche, fattori, relativi all'intero ciclo di vita del manufatto edilizio. Pertanto, una progettazione, per quanto corretta e accurata, che consenta di ottenere una elevata qualità di prodotto al tempo *zero*, ovvero a conclusione di un corretto ed efficace processo tecnico-realizzativo, non è affatto sinonimo di una qualità edilizia che potrà essere mantenuta nel tempo. La non qualità dell'opera edilizia al tempo "x", problematica diffusa e in grado di generare, da un lato, conseguenze economiche anche rilevanti sulle fasi di manutenzione e gestione del prodotto edilizio, dall'altro, pressioni e impatti sull'ambiente a differenti livelli, è il risultato di una non qualità di processo, nell'ambito del quale, il momento della progettazione esecutiva, assume un ruolo sostanziale. Per tali motivazioni, le discipline della "qualità", anche nel settore dell'edilizia e della sua progettazione in particolare, stanno sviluppando ricerca, metodologie e norme per l'analisi del costo del ciclo di vita (LCC) delle opere di progetto e dei loro componenti; basti pensare ad esempio alle norme ISO 15686¹, che si occupano specificamente della pianificazione della durata di servizio allo scopo di garantire che la vita in opera effettiva di un edificio o di suoi componenti abbia una risposta congruente con la vita di servizio stimata, nonché definita dai quadri esigenziali e specifici-

camente tecnico-progettuali. Per tali fini, l'adeguatezza e l'efficacia delle scelte proprie soprattutto della fase di progettazione esecutiva, rivestono un ruolo assolutamente fondamentale per l'intero ciclo di vita dell'edificio, assumendo una particolare importanza in funzione della qualità del prodotto edilizio.

La considerazione dei possibili agenti di degrado delle opere edilizie nel progetto esecutivo: riferimenti operativi

La selezione e la scelta dei materiali e delle soluzioni tecnico-realizzative dei componenti costitutivi di un organismo edilizio, operata in sede di progettazione esecutiva, deve tenere in

debita considerazione tutti i possibili fattori e agenti di degrado in grado di condizionarne la vita utile e le performance tecniche e che potrebbero, anche in archi temporali incongruenti con le condizioni di invecchiamento naturale e quindi con il fisiologico decadimento fisico e prestazionale dei materiali, dare luogo a problematiche funzionali, a condizioni di degrado e di guasto. In altri termini, scelte inappropriate in sede di progettazione esecutiva, effettuate al di fuori di una scientifica considerazione e valutazione degli agenti e dei fattori di degrado che potrebbero interferire con la durabilità e con il mantenimento di efficienti livelli prestazionali dei materiali e dei componenti, possono condurre a situazioni di patologia edilizia, nell'ambito della quale il fisiologico invecchiamento naturale diviene invecchiamento patologico e in cui gli agenti e i meccanismi di alterazione generano difetti in grado di attivare, anche in tempi relativamente rapidi, una condizione di guasto con conseguenti esigenze di riparazione, sostituzione e ripristino delle condizioni di funzionalità. Ai fini di chiarire e classificare gli agenti che possono interveni-

account the factors of possible degradation and alteration of the constructed artefact and its components becomes a theme of absolute relevance, also in the perspective of an effective economic and managerial sustainability of the construction work.

The result of these information deficiencies of the executive project is, very often, that of a deficiency in the technical quality of the project, where, in particular, is referenced to the scope of *material techniques*, referred «specifically to the construction in its Different aspects: structural, of choice... of the materials, of their implementation» (Gregotti, 2002). This situation inevitably determines a non-quality of construction, especially in reference to the maintenance, over time, of the performance levels, which will decay in function of processes of pathological ageing completely inconsistent with

life of the building artefacts in question.

Quality of the project and quality of the building product

The «overall quality of the architectural product cannot, anyway, regardless of the close conformity of the technical choices to the idea of the project» (La Creta, 1994), but this is not sufficient to ensure a real and high quality of building product. The executive project must necessarily identify the physical-constitutive and technical-implementing specificities of the construction work, and this function cannot only be correlated to the objectives of ensuring compliance with the types requirements exclusively functional, architectural, economical, or response to the different regulations of the sector, but should necessarily contemplate, in its physical-constitutive

and technical-constructive choices that ensure the constructability, the aspects technical-forecasting of the interaction between the constructed artefact and the environmental context, natural and anthropic, in which it will be inserted. More generally, in the executive planning, they should therefore necessarily be considered aspects, problems, factors, relating to the entire life cycle of the building artefact. Therefore, a design, however correct and accurate, that allows obtaining a high quality product at zero time, or at the conclusion of a correct and effective technical-realization process, is not at all synonymous with a quality of construction that can be maintained over time.

The non-quality of the construction work at the time "x", a very widespread problem and able to generate, on the one hand, also relevant economic con-

sequences on the maintenance and management of the building product, on the other, pressures and impacts on the environment to Different levels, is the result of a non-quality process, within which the moment of the executive design takes a substantial role. For these reasons, the disciplines of "quality", also in the construction sector and its design in particular, are developing research, methodologies and standards for the analysis of the cost of the life cycle (LCC) of project works and their components; It is sufficient to think for example ISO 15686¹, which deal specifically with the planning of service life in order to ensure that the actual life of a building or its components has a congruent response to the life of service assessed and defined by the specific technical and design frameworks. For these purposes, the adequacy and effectiveness of the

re nell'alterazione prestazionale dei materiali e dei componenti dell'edificio, la norma ISO 6241:1984 *Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered* (sostituita dalla norma ISO 19208:2016), forniva delle specificazioni in questo senso individuando, più specificamente, un elenco degli agenti in grado di condizionare sensibilmente un edificio e i suoi materiali e componenti. Attualmente può essere considerata, a tale scopo, la norma UNI 8290-3:1987 *Edilizia residenziale. Sistema Tecnologico. Analisi degli Agenti*, che riprende i contenuti della norma ISO 6241, sviluppandoli per quanto riguarda le definizioni degli agenti, riportando un elenco dei principali agenti che sollecitano il sistema tecnologico, come classificato nella norma UNI 8290-1. Di tali agenti sollecitanti, alcuni rivestono un ruolo particolarmente rilevante: La tabella in fig.1 evidenzia tali fattori e le interrelazioni tra le due norme citate. L'ASTM International² va a specificare i differenti fattori di degrado che condizionano la vita utile di materiali e componenti edilizi con la norma E632-82 (1996) *Standard Practice for Developing Accelerated Test to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials* (Fig. 2).

In sede di progettazione esecutiva, nel momento in cui i materiali e i componenti costitutivi trovano specifiche formalizzazioni e definizioni, occorre considerare quali, tra i fattori e agenti di alterazione in grado di sollecitare il sistema tecnologico e quindi di condizionare i livelli prestazionali dei materiali e dei componenti edilizi, avranno la concreta possibilità di manifestarsi in funzione delle specificità intrinseche dell'edificio (funzionalità, condizioni d'uso, ecc.) ed estrinseche (contesto ambientale di riferimento, naturale e antropico) e introiettare tali informazioni nel sistema degli input assunto nel processo di progettazio-

choices, especially of the executive design phase, play an absolutely fundamental role for the entire life cycle of the building, assuming a particular importance in reference to the quality of the building product.

The consideration of possible agents of degradation of the building works in the executive project: operational references

The selection and choice of materials and technical-construction solutions of the constituent components of an organism building, operated in the executive design, must take due account all the possible factors and degradation agents able to influence their useful life and technical performance and that they could, even in incongruent temporal arcs with the conditions of natural ageing and therefore with the physiological physical and performance de-

gradation of the materials, give rise to problematic conditions of degradation and failure. In other words, inappropriate choices in the executive design, carried out outside of a scientific consideration and evaluation of agents and degradation factors that could interfere with the durability and maintenance of efficient performance levels of materials and components, can lead to situations of building pathology, in which the natural physiological ageing becomes pathological ageing and in which the agents and the mechanisms of alteration generate faults able to activate, even in relatively rapid times, a condition of failure with consequent needs of repair, replacement and restoration of the conditions of functionality. In order to clarify and classify the agents that may intervene in the performance alteration of the materials and components of the building, the

ne esecutiva. Gli agenti di degrado comportano degli effetti, sui materiali e sui componenti sensibili a tali effetti, in grado di determinare anomalie visibili/o e anomalie comportamentali percepibili a livello sensorio o strumentale. Tali anomalie andranno successivamente ad attivare specifiche forme di degrado, ovvero di guasto, con conseguenze gestionali a differenti livelli: economico, ambientale, funzionale, di sicurezza; tali da richiedere improcrastinabili e adeguati interventi di «manutenzione a guasto avvenuto, [...] tecnicamente molto più complessa rispetto alla manutenzione preventiva, che in genere opera mediante interventi conformi e ricorrenti» (Croce, 2003).

Il diagramma di flusso illustrato (Fig. 3), sintetizza le interrelazioni tra fattori/agenti di degrado e le fasi del processo edilizio dalla progettazione esecutiva alla gestione dell'opera edilizia.

Individuazione delle correlazioni tra agenti di degrado - condizioni di degrado e guasto - opzioni tecnico-costruttive: una proposta di approccio metodologico

In sede di progettazione esecutiva, a partire dagli agenti di degrado, ovvero dai fattori di alterazione individuati in funzione del contesto ambientale di riferimento e delle condizioni di esercizio delle opere edilizie, è possibile preliminarmente, sup-

posti i materiali di progetto potenzialmente sensibili a tali agenti, operare due tipologie di azioni:

- selezionare materiali e tecnologie costruttive meno sensibili ai fattori di alterazione individuati;
- individuare, qualora non sia possibile utilizzare materiali e tecnologie costruttive differenti da quelli sensibili agli agenti di degrado, soluzioni tecniche e misure di mitigazione in

standard ISO 6241:1984 *Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered* (replaced by ISO 19208:2016), it provided specifications in this sense by identifying, more specifically, a list of agents capable of appreciably affecting a building and its materials and components. At present it can be considered, for this purpose, the norm UNI 8290-3:1987 *Residential building. Technological system. Analysis of the agents*, which incorporates the contents of the standard ISO 6241, developing them with regard to the definitions of the agents, reporting a list of the main agents that solicit the technological system as classified in standard UNI 8290-1. Of these soliciting agents, some play a particularly important role: the table in Fig. 1 highlights these factors and the inter-relations between the two standards cited. The ASTM

International² specifies the different degradation factors that affect the useful life of building materials and components with the standard E632-82 (1996) *Standard Practice for Developing Accelerated Test to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials* (Fig. 2).

In the executive design, when the constituent materials and components find specific formalizations and definitions, it is necessary to consider which of the factors and agents of alteration able to solicit the technological system and therefore to condition the performance levels of the building materials and components, they will have the concrete possibility to manifest themselves according to the specificities intrinsic (functionality, conditions of use, etc.) and extrinsic (environmental context of reference, natural and anthropic) and introject this informa-

Standard ISO 6241:1984 (withdrawn 27 October 2016) Main factors and agents That condition a building		Norma UNI 8290-3:1987 Fattori prevalentemente considerati nell'edilizia per l'individuazione degli agenti che sollecitano il sistema tecnologico
Category and nature of the agents		
		Acustici
		Atmosferici
		Idrici
		Ignei
		Luminosi
Organic	plants and microorganisms	Biologici
	Animals	
Chemical	Water and solvents	Chimici
	Oxidants	
	Reduced	
	Acids	
	Bases	
	Salts	
	Chemically neutral substances	
Electromagnetic	Radiation	Elettrici ed elettromagnetici
	Electricity	
	Magnetism	
Mechanical	Weight	Meccanici
	Forces and imposed deformations	
	Kinetic energy	
	Vibrations and noises	
Thermal		Termici
Combined		

grado di prevenire/mitigare le possibili anomalie e le situazioni di guasto ad esse correlate.

In riferimento alla prima tipologia di azioni, occorre osservare che «ogni materiale da costruzione ha in sé una minore o maggiore attitudine, in particolari condizioni di esercizio, ad essere aggredito da agenti patologici o a deteriorarsi non naturalmente» (Lauria, Azzalin, De Blasi, 2003). La stessa affermazione è estensibile alle tecnologie costruttive: la «necessità di distinguere il materiale dalla tecnologia adottata per la sua messa in opera è dettata dal diverso comportamento in servizio tra edifici realizzati, pur in epoche diverse, con gli stessi materiali» (Manfron, 1998). Di fatto, la scelta degli specifici materiali e delle tecnologie costruttive da utilizzare andrebbe sempre posta in relazione con le specificità del contesto di riferimento (ambientale, funzionale), cercando di individuare le possibili cause, i meccanismi, le azioni che risultano fondamentali nella determinazione dei fenomeni di degrado, meccanismi e azioni sostanzialmente riconducibili a variazioni fisiche, variazioni chimiche, effetti indotti dal carico, effetti indotti dai suoli (assestamenti, cedimenti, azioni sismiche, ecc.), vibrazioni. Solo in tale maniera sarà possibile operare scelte fisico-costitutive e tecnico-costruttive in grado di contemplare materiali e tecnologie compatibili e poco sensibili ai meccanismi e alle azioni di degrado che caratterizzano, o potrebbero caratterizzare, significativamente il contesto in oggetto. In relazione alla seconda tipologia di azioni occorrerà individuare specificamente, per ciascuno dei materiali o dei componenti edilizi di progetto, la particolare gamma di difetti e anomalie correlata ai potenziali agenti di attivazione del degrado, nonché le specifiche condizioni di degrado e di guasto a loro volta connesse a questi. La scheda riportata in figura 4 sintetizza un possibile criterio di approc-

tion into the input system taken in the executive design process. Degradation agents involve effects, materials and components susceptible to such effects, which can determine visible anomalies/or and behavioural anomalies perceptible at the sensorial or instrumental level. These anomalies will subsequently activate specific forms of degradation, or failure, with of management consequences at different levels: economical, environmental, functional, safety; such as to require decisions and appropriate interventions of «maintenance to failure occurred, è [...] technically much more complex than preventive maintenance, which generally works by means of compliant and recurrent interventions» (Croce, 2003).

The flowchart illustrated (Fig. 3) summarises the interrelationships between degradation factors/agents and the

phases of the building process from the executive design to the management of the construction work.

Identification of correlations between degradation agents - conditions of degradation and failure - technical-constructive options: a proposal for a methodological approach

In the executive design, starting from the agents of degradation, or the factors of alteration identified according to the environmental context of reference and the conditions of operation of the building works, it is possible to preliminarily, defined the project materials potentially susceptible to such agents, operate two types of actions:

- select materials and construction technologies less sensitive to the altered factors identified;
- identify, if it is not possible to use

materials and constructive technologies different from those sensitive to degradation agents, technical solutions and mitigation measures capable of preventing/mitigating possible anomalies and failure situations related to them.

In reference to the first type of action, it should be noted that «every building material has a lesser or greater aptitude, under particular operating conditions, to be assaulted by pathological agents or to deteriorate not of course» (Lauria, Azzalin, De Blasi, 2003). The same statement is extensible to the constructive technologies: the «necessity to distinguish the material from the technology adopted for its implementation is dictated by the different behaviour in service between buildings realized, even in different eras, with the same materials» (Manfron, 1998).

The choice of the specific materials and construction technologies to be used should always be related to the specificities of the reference context (environmental, functional), trying to identify the possible causes, the mechanisms, the actions which are fundamental in the determination of degradation phenomena, mechanisms and actions substantially related to physical variations, chemical variations, load-induced effects, effects induced by soils (settling, sagging, actions seismic, etc.), vibrations. Only in such a way will it be possible to make physical-constitutive and technical-constructive choices able to contemplate materials and technologies compatible and not very sensitive to the mechanisms and the actions of degradation that characterize, or could characterize, significantly the context in the subject. In relation to the second type of action it will be

cio metodologico per tale fine, attraverso un esempio relativo alla progettazione di elementi strutturali in calcestruzzo armato (materiale che, in linea di principio, può essere correlato univocamente alla seconda tipologia di azioni, a meno di cambiamenti radicali nell'impostazione progettuale di livello strutturale).

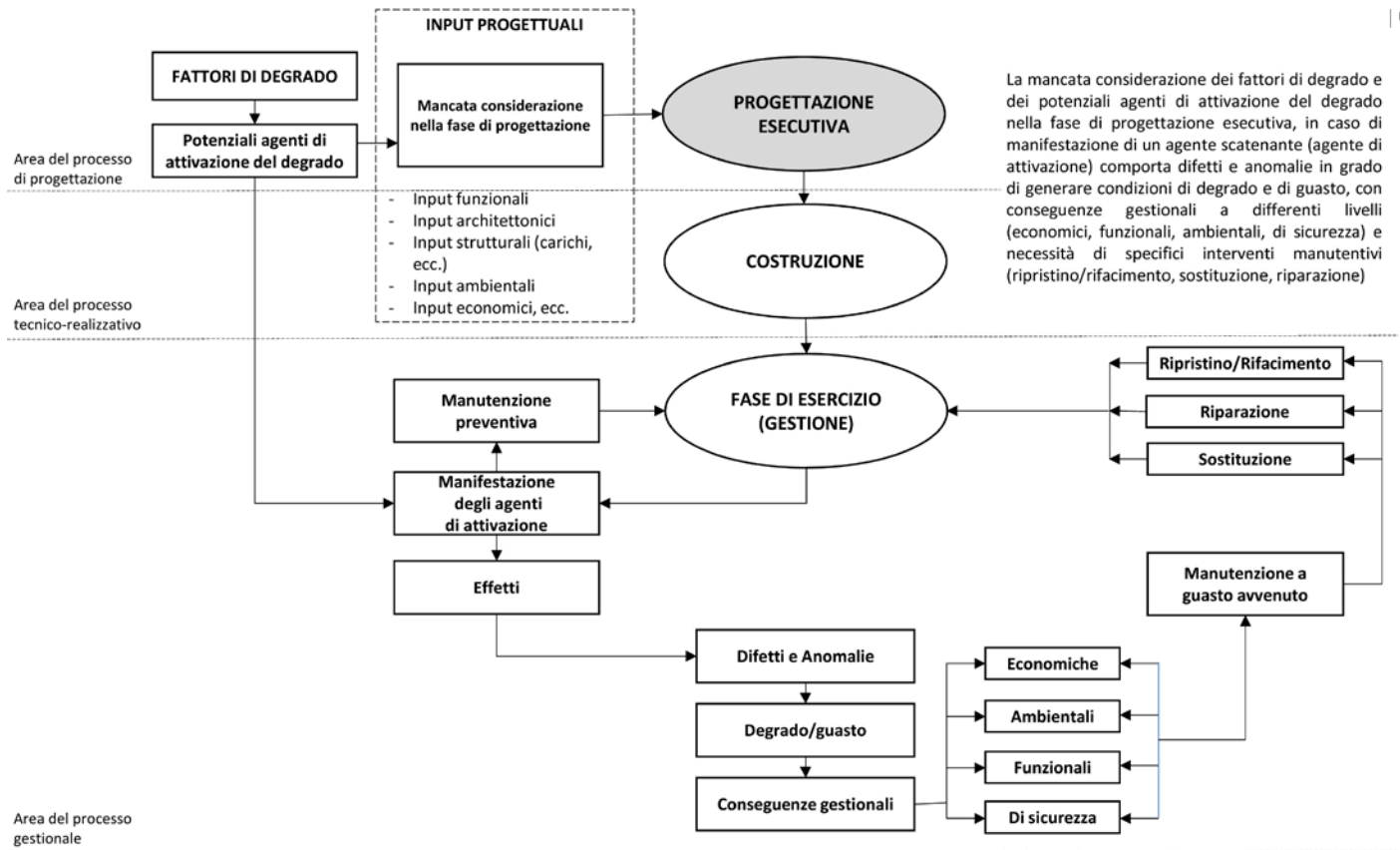
Tale tipologia di approccio risulta particolarmente utile nell'informare e orientare le scelte progettuali e il processo di progettazione esecutiva, anche in considerazione dell'attuale ricchezza delle opzioni disponibili, in termini di materiali, componenti e soluzioni tecniche, offerte dall'innovazione tecnologica e in grado di dare concrete risposte nei confronti dell'azione dei fattori e degli agenti di degrado potenzialmente in grado di creare condizioni di guasto.

Specifiche metodologie di riferimento. La Failure Models and Effects Analysis (FMEA) e le sue potenzialità rispetto il progetto esecutivo

Tra le specifiche metodologie utilizzabili ai fini di orientare la fase di progettazione esecutiva nella maniera più efficace per poter prevenire ed evitare il determinarsi di condizioni di degrado e guasto, nella considerazione dei potenziali meccanismi di degrado che potrebbero interferire sul

comportamento in opera dei materiali e dei componenti edilizi, la metodologia FMEA (Failure Models and Effects Analysis) in particolare, consente di rendere maggiormente rigoroso il processo di identificazione delle possibili condizioni di guasto nei sistemi edilizi e di conseguente individuazione delle opzioni tecniche di risoluzione o mitigazione del problema, tenendone conto nella fase di progettazione esecutiva. La FMEA ha lo scopo specifico di analizzare preliminarmente un materiale o un prodotto edilizio (ma può essere estesa anche a un processo o a un sistema) proprio dal punto di vista della sua affidabilità nel tempo, identificando le possibili anomalie che potrebbero verificarsi e le modalità di guasto a queste correlate, consentendo l'individuazione delle soluzioni tecniche specifiche rivolte all'obiettivo di evitare che le condizioni di degrado più gravose e problematiche, nonché maggiormente probabili, si manifestino. L'applicazione della FMEA consente di definire l'affidabilità dei componenti edilizi di progetto e, di conseguenza, in rapporto alla definizione «secondo cui l'affidabilità di un sistema risulta essere la somma dell'affidabilità delle parti che lo compongono e delle interazioni che queste si scambiano reciprocamente fra di loro» (Nicolella, Scognamiglio, 2017), garantire l'affidabilità dell'intero organismo edilizio in oggetto.

Standard ASTM E632: 1981	
Degradation factors that affect the useful life of building materials and components	
Weathering	Radiation: - Solari - Nuclear - terrestrial Temperature: - High - Low - Thermal excursions Water: - Solid (snow, ice) - Liquid (rain, condensation, stagnant water) - Steam (eg high relative humidity) Usual air constituents: - Gas (eg nitrogen and sulfur oxides) - Mixtures (eg aerosols, salts, acids and alkalis dissolved in water) - Particulates (eg sand, dust, dirt) Frost and thaw Wind
Biological factors	Microorganisms mushrooms Bacteria
Stress factors (mechanical)	Sustained Periodicals: - Physical action of water, such as rain, hail, snow, sleet - Physical wind action - Combined water / wind action - Movements due to other factors, such as settling or vibration
Incompatibility	Chemistry Physics
Fattori d'uso	System design Installation and maintenance procedures Normal wear and tear Improper use by the inhabitants



Dal punto di vista operativo possono essere individuati cinque step:

- 1) *caratterizzazione della soluzione tecnica e delle condizioni ambientali*: basata su una precisa individuazione degli elementi funzionali che costituiscono la soluzione di progetto, delle loro caratteristiche specifiche e dell'ambiente operativo di riferimento;

- 2) *analisi funzionale*: ha la funzione di descrivere il comportamento di tutti gli elementi che definiscono la soluzione di progetto, nei confronti degli agenti di sollecitazione;
- 3) *analisi Processuale*: è condotta in relazione ai processi tecnologici che caratterizzano la fase tecnico-realizzativa ed è

necessary to identify specifically, for each of the building materials or components of the project, the particular range of defects and anomalies related to the potential agents of activation of the degradation, as well as the specific conditions of degradation and failure in turn related to these. The card shown in figure 4 summarises a possible methodological approach for this purpose, through an example concerning the design of structural elements in reinforced concrete (material which, in principle, can be correlated univocally to the second typology of actions, less than radical changes in the design approach of structural level). This type of approach is particularly useful in informing and orienting the design choices and the process of executive design, also considering the current richness of the available options, in terms of materials, compo-

nents and technical solutions, offered by technological innovation and able to give concrete answers towards the action of the factors and the agents of degradation potentially able to create conditions of failure.

Specific reference methodologies. Failure Models and Effects Analysis (FMEA) and its potential in relation to the executive project

Among the specific methodologies that can be used for the purpose of orienting the executive design phase in the most effective way to prevent and avoid the determination of conditions of degradation and failure, in the consideration of the potential mechanisms of degradation that could interfere with the behaviour of the materials and of building components, the FMEA (Failure Models and Effects Analysis) methodology in particular,

allows to making the process of identifying possible failure conditions in building systems more rigorous and thus identifying the technical options for resolving or mitigating the problem, taking it into account during the design phase Executive. The FMEA has the specific purpose to analyse beforehand a material or a building product (but it can also be extended to a process or a system) precisely from the point of view of its reliability over time, identifying the possible anomalies that could occurrence and the modalities of failure to these correlated, enabling the identification of specific technical solutions aimed at the objective of avoiding that the most difficult and problematic conditions of degradation, and more probable, are manifested. The application of the FMEA allows to define the reliability of the building components of the pro-

ject and, consequently, in relation to the definition «according to which the reliability of a system is the sum of the reliability of the parts that compose it and the Interactions that are mutually exchanging between them» (Nicolella and Scognamiglio, 2017), guarantee the reliability of the entire building organism in the question.

From an operational point of view, five steps can be identified:

- 1) *characterization of the technical solution and the environmental conditions*: based on a precise identification of the functional elements that constitute the project solution, of their specific characteristics and of the operative environment of reference;
- 2) *functional analysis*: It has the function to describe the behaviour of all the elements that define the project solution, against the stressing agents;

rivolta all'individuazione delle possibili problematiche che potrebbero manifestarsi in tale fase;

- 4) *analisi qualitativa*: costituisce la fase centrale della metodologia ed è basata sull'individuazione dei differenti scenari di degrado, delle cause e delle azioni tecniche di correzione e mitigazione;
- 5) *Event Driven Graph*: fornisce un quadro completo di tutti i possibili scenari di degrado che sono stati individuati nell'analisi qualitativa e dei loro specifici meccanismi di azione e consente una più precisa individuazione delle azioni correttive, in termini di specifiche soluzioni tecniche e prescrizioni per la fase realizzativa).

Tra le differenti fasi, quella dell'analisi qualitativa in particolare costituisce la fase più caratterizzante, nella quale vengono individuati i possibili agenti attivatori, e valutate le possibili cause e i potenziali effetti dei guasti. Più in particolare si procede all'individuazione delle cause dei possibili guasti procedendo in ordine a tre fattori:

- *occurrence*: frequenza con cui una specifica causa (fattore e agente di degrado) del guasto si manifesterà; ovvero probabilità di accadimento (P);
- *severity*: gravità delle conseguenze (guasti) potenziali e degli effetti (G);
- *detection*: facilità di rilevazione delle possibili anomalie e dei guasti connessi; ovvero possibilità di rilevamento da parte dei controlli (R).

La metodologia di tipo quali-quantitativo, dopo aver analizzato tutte le possibili modalità di guasto (analisi qualitativa), assegna un valore numerico (da 1 a 5 oppure da 1 a 10 in funzione delle specifiche norme di riferimento) a ciascuno dei tre fattori sopracitati³, consentendo di calcolare un indice (*RPN*) di *priorità del*

rischio ($RPN=P \times G \times R$), attraverso il quale possono essere innanzitutto attenzionate particolari condizioni tecniche di progetto, orientando pertanto in maniera adeguata e corretta le scelte di ordine tecnico-realizzativo contenute nel progetto esecutivo, sia di prodotto che di processo.

Il caso di studio elaborato e illustrato nella scheda in figura 5 evidenzia la possibile applicazione della fase di analisi qualitativa della FMEA in rapporto alla progettazione esecutiva di una copertura a tetto. Sono riportate quelle cause di guasto, tra le possibili, caratterizzate da un indice *RPN* maggiore, nonché esplicitate le azioni raccomandate in sede di progettazione esecutiva. Dall'analisi emerge come le indicazioni (azioni raccomandate) per la considerazione preventiva dei potenziali meccanismi di degrado nella fase di progettazione esecutiva possano costituire un efficace orientamento per lo sviluppo della stessa e per una valutazione e riconsiderazione delle iniziali ipotesi progettuali. La metodologia FMEA è in questo caso parzializzata alla sola fase decisionale relativa alla scelta di materiali, componenti e soluzioni tecniche nell'ambito del progetto esecutivo, mentre nella sua accezione più completa contempla l'estensione alle specifiche fasi esecutive (anche di trasporto, stoccaggio e posa in opera dei materiali e componenti edilizi) e gestionali (arrivando anche a prefigurare scenari di degrado dovuti a problematiche di utilizzo scorretto), ma riesce comunque ad incidere significativamente sugli sviluppi progettuali e le modalità con le quali assicurare una sua specifica integrazione con il processo di progettazione esecutiva, integrazione che dovrebbe essere costantemente contemplata, potrebbero essere oggetto di specifici ambiti di ricerca.

Material / Building component	Conditions of use and function	Related degradation factors (Rif. UNI 8290-3; ISO 6241; ATM E632)	Degradation agents (from ISO 6241; ATM E632)	Relevance according to the specificity of the project (High, Medium, Low)	Expected effects in function of specificities of use and environmental	Related degradation and fault conditions	Technical project options
Reinforced concrete	Structural in a residential building	Weathering	Water	A	Accentuated carbonation	Surface porosity	Increased thickness of the concrete cover layer
			Air constituents (salts, acids, alkalis, chlorides, particulates)	A		Attacks from Sulfates	
			Frost and thaw	B			
		Chemists	Water	A	Chloride attacks	Micro-cracks and cracks	UHPC (Ultra High Performance Concrete) concrete with compact microstructure
			Oxidants	A		Posting of concrete covers	
			Acids	A			
	Exposed structural elements (balcony slabs, pillars on the P.T.)	Mechanical	Salts	A	Alkali-aggregate reactions	Loss of adherence between conglomerate and reinforcement	Waterproof concretes (with the addition, for example, of waterproofing with nanocrystalline fibers)
			Weight	B			
			Forced forces and deformations	B			
		Use in an aggressive atmosphere (sea front)	Kinetic energy	-	Corrosion, oxidation of metal reinforcement	Deterioration and reduction of the diameter of the metal reinforcement with consequent decay of the static performance of the product	Protection of concrete surfaces with waterproof thixotropic mortars
			Vibrations	-			
			Combined water-wind action	A			
						Reinforcements with stainless steels (ferritic, austenitic, martensitic, Duplex)	

Elemento edilizio Building element	Funzione e tipologia Function and type	Agenti attivatori del degrado Agents degradation activators	Effetti potenziali del guasto Potential effects of the fault	Severity	Cause potenziali del guasto Potential causes of the fault	Occurrence	Detection	RPN	Azioni raccomandate in sede di progettazione esecutiva Actions recommended at headquarters of executive planning
Copertura Cover	Tetto a falde edificio residenziale	Acqua piovana Rain water	Infiltrazioni d'acqua negli ambienti sottostanti (crescita di microrganismi sulle superfici interne, macchie, disgregazioni del rivestimento interno, ecc.) Water infiltration in the underlying environments (growth of microorganisms on internal surfaces, stains, disintegration of the internal coating, etc.)	5	Pendenza insufficiente, errata geometria delle falde Insufficient slope, incorrect ground geometry Dettagli errati dei componenti (scossaline, giunti di dilatazione, ecc.) Incorrect details of the components (flashings, expansion joints, etc.) Gelività degli elementi di tenuta Freezing of sealing elements	5	2	50	- Controlli della rispondenza della geometria e della pendenza delle falde in rapporto alla normativa tecnica ed alle caratteristiche climatiche del sito Checks of the correspondence of the geometry and the slope of the groundwater in relation to the technical regulations and the climatic characteristics of the site Verifica dei dettagli costruttivi relativi ai componenti (scossaline, giunti, ecc.) Verification of construction details relating to components (flashings, joints, etc.) - Verifica dei materiali costitutivi degli elementi di tenuta in rapporto alle specifiche condizioni climatiche Verification of the constituent materials of the sealing elements in relation to the specific climatic conditions - Previsione e progettazione, con indicazione di adeguati criteri di posa in opera di membrane di impermeabilizzazione Forecasting and planning, with indication of adequate criteria for laying waterproofing membranes - Progettazione di uno strato di microventilazione del sottomanto o di ventilazione Design of a microventilation layer of the undercoat or ventilation
	Copertura discontinua a piccoli elementi								
	Impiego in condizioni di carico neve II								
	Roof pitched residential building								
Discontinuu s small element coverage	Use in snow load conditions II	Carichi di esercizio (neve, vento) Operating loads (snow, wind)	Infiltrazioni d'acqua negli ambienti sottostanti (crescita di microrganismi sulle superfici interne, macchie, disgregazioni del rivestimento interno, ecc.) Water infiltration in the underlying environments (growth of microorganisms on internal surfaces, stains, disintegration of the internal coating, etc.)	5	Dislocabilità degli elementi di tenuta Dislocation of the sealing elements Eccessiva elasticità del supporto dell'elemento di tenuta Excessive elasticity of the seal element support Vincoli dell'elemento di tenuta insufficienti in rapporto alla pendenza Insufficient sealing element constraints in relation to slope	5	3	75	- Verifica dei materiali costitutivi, della tipologia degli elementi di tenuta e dei criteri di posa in opera previsti in rapporto alle specifiche condizioni di impiego (pendenza, ecc.) Verification of the constituent materials, of the type of sealing elements and of the installation criteria envisaged in relation to the specific conditions of use (slope, etc.)
		Acqua e umidità di condensazione Water and condensation humidity	Condensazioni superficiali, muffe Disgregazioni dei rivestimenti interni Surface condensations, molds Disruptions of the interior finishes	4	Stratigrafia errata della falda di copertura Incorrect stratigraphy of the covering layer Assenza o discontinuità degli strati di barriera al vapore Absence or discontinuity of the vapor barrier layers Ponti termici Thermal bridges	4	3	48	- Verifica e controllo della sequenza stratigrafica, diagramma di glaser con ampi margini di sicurezza nel caso di condizioni favorevoli alla condensazione interstiziale Verification and control of the stratigraphic sequence, glaser diagram with ample safety margins in the case of conditions favorable to interstitial condensation - Progettazione corretta della barriera a vapore e indicazioni per una corretta posa in opera Correct planning of the steam barrier and instructions for correct installation - Risoluzione dei ponti termici consigliata anche se non obbligatoria da normativa Resolution of thermal bridges recommended even if not mandatory by law - Progettazione di uno strato di microventilazione del sottomanto o di ventilazione Design of a microventilation layer of the undercoat or ventilation
			Condensazioni Interstiziali e riduzione prestazionale dell'isolamento termico Interstitials and performance reduction of thermal insulation	4	Stratigrafia errata della falda di copertura Incorrect stratigraphy of the covering layer Assenza o discontinuità degli strati di barriera al vapore Absence or discontinuity of the vapor barrier layers	4	4	64	- Verifica e controllo della sequenza stratigrafica, diagramma di glaser con ampi margini di sicurezza nel caso di condizioni favorevoli alla condensazione interstiziale Verification and control of the stratigraphic sequence, glaser diagram with ample safety margins in the case of conditions favorable to interstitial condensation - Progettazione corretta della barriera a vapore e indicazioni per una corretta posa in opera Correct planning of the steam barrier and instructions for correct installation

Conclusioni

In considerazione della crescente complessità dei sistemi edilizi, in cui da un lato trovano utilizzazione materiali, componenti e sistemi costruttivi in una gamma sempre più ampia, in relazione allo sviluppo dell'innovazione tecnologica, e dall'altro sistemi tecnologici e impiantistici sempre più sofisticati e complessi, il controllo della durabilità dei sistemi edilizi e dei loro componenti e materiali assume un'importanza fondamentale. La mancata considerazione, in sede di progettazione esecutiva, dei fattori e degli agenti di degrado ai quali gli specifici materiali di progetto risultano sensibili, nonché dei loro effetti e delle condizioni di guasto che potenzialmente possono indurre, comporta inevitabilmente la scelta di opzioni tecniche, sia in termini di prodotto che di processo, non in grado di garantire una qualità edilizia nel tempo. Il progetto esecutivo deve assicurare e garantire qualità edilizia al tempo zero e al tempo "x", garantendo la qualità prestazionale dell'edificio e dei suoi componenti in funzione di progressioni temporali congruenti con la vita economica media che caratterizza una determinata tipologia di prodotti edilizi e accettando un decadimento che sia solo espressione dell'*invecchiamento naturale* di materiali e componenti.

A volte, in funzione di una elevata complessità tecnico-realizzativa, la mancata considerazione anche di un solo fattore ed agente di degrado può comportare anche una non qualità al tempo zero. In tali scenari, l'adozione sistematica di specifiche metodologie operanti nell'ambito del *Risk Management* dovrebbe costituire una prassi irrinunciabile soprattutto nella fase di progettazione esecutiva di sistemi edilizi caratterizzati da una elevata complessità tecnica e tecnologica.

- 3) *process analysis*: It is conducted in relation to the technological processes that characterize the technical-realization phase and is aimed at identifying the possible problems that could occur in this phase;
 - 4) *qualitative analysis*: constitutes the central phase of the methodology and is based on the identification of the different scenarios of degradation, causes and technical actions of correction and mitigation;
 - 5) *Event Driven Graph*: provides a complete picture of all possible degradation scenarios that have been identified in qualitative analysis and their specific mechanisms of action and allows a more precise identification of corrective actions, in terms of specific solutions techniques and requirements for the realization phase).
- Among the different phases, that of the qualitative analysis in particular is the

most characterizing phase, in which the possible activators are identified, and evaluate the possible causes and the potential effects of the faults. In particular, it is possible to identify the causes of faults by proceeding in order to three factors:

- *occurrence*: Frequency with which a specific cause (factor and agent of degradation) of the fault will manifest itself; i.e. probability of occurrence (P);
- *severity*: Severity of potential consequences (failures) and effects (G);
- *detection*: Easy detection of possible anomalies and related faults; the possibility of detection by controls (R).

The type quali-quantitative methodology, after analyzing all possible failure modalities (qualitative analysis), assigns a numerical value (from 1 to 5 or from 1 to 10 according to the spe-

NOTE

¹ Le norme della serie ISO 15686, tutte attualmente ancora in vigore, a partire dalla Norma ISO 15686-3:2002 *Buildings and constructed assets - Service life planning Performance audits and reviews*, hanno avuto un recente aggiornamento nel 2017 con la norma ISO 15686-5:2017 *Buildings and constructed assets - Service life planning Life-cycle costing* e la norma ISO 15686-7:2017 *Buildings and constructed assets - Service life planning Performance evaluation for feedback of service life data from practice*.

² ASTM (American Society for Testing Materials) è un organismo di normazione statunitense ed è tra i maggiori contributori tecnici dell'ISO.

³ Ad esempio, lo standard della normativa SAE J1739 (Potential Failure and Effects Analysis for Design) utilizza una scala di valori da 1 a 5.

REFERENCES

- La Creta, R. and Truppi, C. (1994), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano.
- Manfron, V. and Siviero, E. (1998), *Manutenzione delle costruzioni*, UTET, Torino.
- Gregotti, V. (2002), *Architettura, tecnica, finalità*, Laterza, Roma-Bari.
- Croce, S. (2003), "Patologia edilizia: prevenzione e recupero", in Gottfried, A. (Ed.), *La qualità edilizia nel tempo*, Ulrico Hoepli Editore. Milano.
- Lauria, M., Azzalin, M. and De Blasi, G. (2003), "Recupero e valutazione delle patologie nel moderno", in Programma di ricerca cofinanziato PRIN 2003, *Cultura tecnica, informazione tecnica e produzione edilizia nel progetto di architettura*, Venezia, Reggio Calabria, Napoli, Udine.
- Daniotti, B. (2003), *La durabilità in edilizia*, CUSL, Milano.
- Neri, P. (Ed.) (2007), *Verso la valutazione ambientale degli edifici*, Alinea, Firenze.
- De Angelis, E. and Re Cecconi, F. (2010), *Guasti in edilizia*, Maggioli Editore, Rimini.

cific reference standards) to each of the three factors mentioned above³, allowing to calculate an index (RPN) of risk priority (RPN=PxGxR) through which particular technical conditions of the project can be first watch carefully to, thus orienting in an adequate and correct way the choices of order technical-realization contained in the executive project, both of the product and of the process.

The case study developed and illustrated in the tab in fig. 5 highlights the possible application of the FMEA qualitative analysis phase in relation to the executive design of a roof covering. Are reported those causes of failure, among the possible ones, characterised by a higher RPN index, as well as the actions recommended in the executive project phase. The analysis shows that the indications (actions recommended) for the preventive consideration of

the potential degradation mechanisms during the executive design phase can constitute an effective orientation for the development of the same and for an evaluation and reconsideration of the initial design hypotheses. The FMEA methodology is in this case relating to the only decision-making phase of the choice of materials, components and technical solutions within the framework of the executive project, while in its most complete sense, it contemplates the extension at specific executive phases (also of transport, storage and installation of building materials and components) and management (also to foreshadow scenarios of degradation due to problems of improper use), but succeeds to significantly affect design developments and the ways in which to ensure their specific integration with the executive design process, integration that should

Cerutti, A. and Paganin, G. (2012), *Risk management per l'edilizia*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Pollo, R. (2014), "Progetto, durabilità, manutenzione: un metodo per la previsione della durabilità", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 07.

Chiarini, A. and Vicenza, M. (2014), *Strumenti statistici avanzati per la gestione della qualità. Affidabilità, FMEA, FTA, SPC, DOE*; Franco Angeli, Milano.

Nicolella, M. and Scognamillo, C. (2017), "Applicazione del metodo FMEA per la valutazione di affidabilità delle strutture", *Convegno Demolition or reconstruction?*, Ancona.

be constantly contemplated, could be the subject of specific research fields.

Conclusions

In view of the growing complexity of building systems, in which on the one hand materials, components and construction systems are used in an increasingly wide range, in relation to the development of technological innovation, and on the other, technological and plant systems increasingly sophisticated complex the control of the durability of building systems and their components and materials is of fundamental importance.

The failure to take into consideration, during the final design phase, the factors and the degradation agents to which the specific project materials are found to be sensitive, as well as their effects and the failure conditions that can potentially lead, inevitably in-

volves the choice of technical options, in terms of product and process, not able to guarantee a building quality over time. The executive project must ensure building quality at time zero and time "x", guaranteeing the performance quality of the building and its components according to temporal progressions congruent with the average economic life that characterizes a certain type of building products and accepting a decay that is only an expression of the *natural aging* of materials and components.

Sometimes, depending on a high technical-realization complexity, the lack of consideration of a single factor and degradation agent can also involve a non-quality at zero time. In such scenarios, the systematic adoption of specific methodologies operating in the field of Risk Management (4) should be an indispensable practice especially

in the phase of the executive design of building systems characterized by a high Technical and technological complexity.

NOTES

¹ The standards of the ISO 15686 series, all currently still in force, from the standard ISO 15686-3:2002 *Buildings and constructed assets-Service life planning Performance audits and reviews*, have had a recent update in 2017 with the ISO standard 15686-5:2017 *Buildings and constructed assets-Service life planning Life-cycle costing* and the standard ISO 15686-7:2017 *Buildings and constructed assets-Service life Planning Performance evaluation for feedback of service life data from practice*.

² ASTM (American Society for Testing Materials) is an American standardization body and is one of the major technical contributors to ISO.

³ For example, the standard of SAE J1739 (Potential Failure and Effects analysis for Design) uses a scale of values from 1 to 5.

Cinzia Talamo^a, Giancarlo Paganin^b, Nazly Atta^a, Francesco Rota^a,

^a Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

^b Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

cinzia.talamo@polimi.it
giancarlo.paganin@polimi.it
nazly.atta@polimi.it
francesco.l.rota@polimi.it

Abstract. All'industria delle costruzioni è in questo momento richiesta la capacità di confrontarsi sempre di più con il tema dell'incertezza e con i rischi ad essa associati. Il testo prende spunto da una riflessione sulla duplice natura dell'incertezza: l'incertezza aleatoria (anche detta ontologica) normalmente associata alla perfetta casualità e l'incertezza epistemica, ossia quella derivante da informazioni mancanti o incomplete che comportano una conoscenza parziale dei processi e dei fenomeni che li caratterizzano.

In particolare, il testo si concentra sull'incertezza epistemica nel processo edilizio, assumendo l'ipotesi che il progetto esecutivo, in quanto luogo della completa esplicitazione delle scelte progettuali e di convergenze degli approfondimenti specialistici relativi all'intero ciclo di vita dell'opera, sia il luogo deputato alla raccolta e organizzazione delle informazioni e delle conoscenze necessarie a ridurre il livello di incertezza e di conseguenza a identificare, analizzare e valutare i diversi tipi di rischi (tecnologici, di processo, economici, sociali, ambientali, ecc.) che potranno interessare l'opera dalla sua costruzione fino alla sua dismissione.

Parole chiave: Risk management; Incertezza; Informazione; Supply chain.

Introduzione

L'industria AEC (Architecture, Engineering and Construction)

è attualmente chiamata a confrontarsi con un quadro di parti interessate¹ (stakeholder) sempre più ampio e eterogeneo e con caratteristiche estremamente diversificate di competenza, consapevolezza e sensibilità rispetto al processo edilizio (Xia *et al.*, 2018; Mok *et al.*, 2018). La maggiore complessità del quadro degli stakeholder e delle loro aspettative dall'ambiente costruito ha introdotto nel settore delle costruzioni numerose innovazioni che impattano sulla concezione degli edifici come ad esempio:

- nuovi modelli di uso degli edifici quali smart working, co-housing, co-working o agile working (Manca, 2018);
- nuove aspettative da parte degli investitori nel settore delle costruzioni legate a mutate valutazioni dei rischi finanziari e alle sempre crescenti richieste di abitazioni nelle grandi città

Epistemic uncertainty, risk management and information: the role of the detailed design

Abstract. Nowadays, the ability to face uncertainty and its related risks is increasingly required to the construction industry. This paper is based on the wide debate concerning the dual nature of uncertainty: *aleatory uncertainty* (also known as ontological uncertainty) which is associated to the randomness, and *epistemic uncertainty*, which is derived from missing or incomplete information, resulting in a partial knowledge of processes and of their characteristic phenomena.

In particular, the paper focuses on *epistemic uncertainty* in the context of the construction process, assuming the hypothesis that the detailed design – as the clarification moment in which design choices and technical details related to entire building life cycle are taken – is the proper venue for collecting and organizing all the required information and knowledge to reduce the uncertainty level and to identify, analyze and assess

che spingono verso una maggiore densità urbana e alloggi più piccoli (PwC, 2014);

- nuovi modelli per la valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici (ad esempio protocolli LEED, BREEAM, DGNB, ecc.) che influenzano la attrattività degli edifici nel mercato immobiliare;
- nuovi posizionamenti del ruolo stesso degli edifici all'interno delle città che sono in continua evoluzione nella prospettiva "smart buildings in smart cities" (Norsa, 2018);
- nuove e articolate richieste di prestazioni agli edifici non ancora supportate da adeguate competenze e tecniche che comportano (BSRIA, 2014) un frequente scostamento tra le prestazioni dell'edificio come progettato e le prestazioni rilevate nell'edificio in fase d'uso (Gana *et al.*, 2017).

La complessità e la frammentazione del quadro di relazioni con gli stakeholder e le crescenti esigenze e nuove funzionalità si combinano con un quadro altrettanto frammentato relativo alla catena di fornitura e realizzazione. Il World Economic Forum (2016) attribuisce all'industria AEC un valore della produzione di circa 10.000 miliardi di dollari – pari a circa il 6% del prodotto interno lordo mondiale – con una occupazione di circa 100 milioni di addetti pari a circa un addetto ogni 100.000 dollari di valore della produzione. Come riportato in tabella 1, in Italia per ogni milione di euro di valore prodotto dal settore delle costruzioni operano più di 4 imprese, quasi il doppio della media europea che attiva 2,3 imprese per ogni milione prodotto e oltre quattro volte il dato del Regno Unito nel quale per ogni milione di produzione opera meno di una impresa.

the different types of risk (technological, process, economic, social, environmental, etc.) which can affect the building from its construction to its disposal.

Keywords: Risk Management; Uncertainty; Information; Supply Chain.

Introduction

The AEC (Architecture, Engineering and Construction) industry is currently facing an increasingly heterogeneous range of stakeholders¹, which have highly diversified competences, awareness and sensitivity towards construction process (Xia *et al.*, 2018) (Mok *et al.*, 2018). The greater complexity of the stakeholder framework and their expectations with respect to the built environment has introduced in the building sector many innovations, which impact on buildings design as:

- new models for building use such as smart working, co-housing, co-working or agile working (Manca, 2018);
- new expectations from investors in the building sector linked to changed financial risk assessments and to the ever-increasing demand for housing in large cities, which push towards greater urban density and smaller housing (PwC, 2014);
- new models for assessing environmental performance of buildings (such as LEED, BREEAM, DGNB, etc.) which influence their attractiveness in the Real Estate market;
- new positioning of the role of buildings within cities that are constantly evolving towards "smart buildings in smart cities" perspective (Norsa, 2018);
- new and articulated performance requirements for buildings not-

Tab. 01 | Fonte: FIEC European Construction Industry Federation "Key figures activity 2017 construction in europe" (2018)
Source: FIEC European Construction Industry Federation "Key figures activity 2017 construction in europe" (2018)

Tab. 02 | Probabilità di accadimento di rischi di incremento dei costi di costruzione e di ritardo nei tempi di realizzazione. Interventi iniziati e conclusi tra il 2000 e il 2007 (AVCP, 2009)
Probability of occurrence of risks related to the increase of construction costs and to delays in the construction schedule. Operations started and completed between 2000 and 2007 (AVCP, 2009)

In queste condizioni di contesto produttivo particolarmente frammentato sono sempre più frequenti le problematiche relative a scarse prestazioni delle opere realizzate, a insufficiente soddisfacimento delle aspettative dei principali portatori di interesse, a incremento di dispute relative a incremento dei costi, cattiva qualità e ritardi nella consegna delle opere (Abolghasemi *et al.*, 2018) (Zidane and Andersen, 2018). Anche nel contesto italiano la probabilità di rispettare i parametri di tempo e di costo fissati nella progettazione è alquanto ridotta (Tab. 2).

La diversità dei soggetti che a diverso titolo si configurano come parti interessate in un progetto di costruzione è esemplificata nella tabella 3. Ognuno dei soggetti coinvolti nel processo è portatore, durante il ciclo di vita del progetto, di compiti, aspettative, incertezze, e diverse sensibilità rispetto agli obiettivi e agli impatti del progetto che possono generare incertezze con le quali il progetto dovrà confrontarsi.

Molte di queste incertezze possono derivare dal funzionamento più o meno efficace dei processi di comunicazione e scambi di informazioni tra le parti che, in funzione del modello organizzativo assunto per il progetto, possono essere estremamente numerose² (Hughes and Murdoch, 2001).

Il coinvolgimento di molteplici stakeholder in un progetto comporta (Ward *et al.*, 2006) il doversi confrontare con incertezze che derivano da:

- obiettivi e aspettative dei differenti stakeholder;
- diversa percezione degli stakeholder rispetto ai rischi di progetto;

supported by appropriate skills and techniques (BSRIA, 2014) which imply a frequent deviation between the expected building performance – as designed – and the real building performance detected during the use-phase (Gana *et al.*, 2017).

The complexity and the fragmentation of the relationships among stakeholders along with the growing needs and new features have to combine with an equally fragmented structure of the supply chain and delivery chain. The World Economic Forum (2016) attributes to the AEC industry a production value of about 10.000 billion dollars – equivalent to about 6% of the worldwide Gross Domestic Product – with an employment of about 100 million employees equal to about one employee per 100.000 dollars of the value of production. As shown in table 1, more than 4 companies operate in

Italy for each million euro of production value by the construction sector, which is almost twice of the European average of 2,3 enterprises per million produced and more than four times of United Kingdom average, where less than one enterprise operates for each millions of production.

In these particularly fragmented production conditions, issues are increasingly frequent, especially those regarding to poor performance of existing buildings, insufficient satisfaction of the expectations of the main stakeholders, increasing disputes related to extra costs, poor quality and delays in the works delivery (Abolghasemi *et al.*, 2018; Zidane and Andersen, 2018). Also in the Italian context, the probability of complying with time and cost parameters set during the design phase is very low (Tab. 2).

The diversity of stakeholders in a

Europa	
Valore della produzione	1.364.000 ME
Numero di imprese	3.192.000
Rapporto (imprese/valore della produzione)	2,34 imprese per milione di euro produzione)
Italia	
Valore della produzione	123.000 ME
Numero di imprese	511.000
Rapporto (imprese/valore della produzione)	4,15 imprese per milione di euro produzione)
Germania	
Valore della produzione	322.000 ME
Numero di imprese	370.000
Rapporto (imprese/valore della produzione)	1,14 imprese per milione di euro produzione)
UK	
Valore della produzione	221.000 ME
Numero di imprese	209.000
Rapporto (imprese/valore della produzione)	0,94 imprese per milione di euro produzione)

Classe di scostamento (%)	% interventi con scostamento finanziario	% interventi con scostamento temporale
Nulla (<=0)	25%	23%
Lieve (>0 <5%)	30%	2%
Moderato (>=5% <20%)	33%	9%
Forte (>=20%)	12%	66%
Totale interventi	100%	100%

- definizione e relativa percezione di ruoli e responsabilità nel progetto;
- flussi di comunicazione alle interfacce tra i diversi stakeholder;
- capacità e abilità dei diversi stakeholder;

construction project is exemplified in table 3. During the project life cycle, each actor involved in the process contributes with tasks, expectations, uncertainties, and different sensitivities to the objectives and impacts of the project and this contribution may generate uncertainties that the project has to face.

Many of these uncertainties may arise from the poor effectiveness of communication and information exchange processes among the involved parties that, depending on the project organizational model, can be extremely large² (Hughes and Murdoch, 2001).

The involvement of multiple stakeholders in a project implies (Ward *et al.*, 2006) having to deal with uncertainties, which arise from:

- objectives and expectations of different stakeholders;
- different perceptions of stakehold-

- ers with regard to project risks;
- definition and perception of roles and responsibilities in the project;
- communication flows for interfaces among different stakeholders;
- ability and skills of different stakeholders;
- formal terms of contract and related effects;
- informal agreements among the different parties;
- procedures, coordination and control systems.

Risk and uncertainty in the construction process

The combination of these conditions makes clear the multiplicity of risk categories related to the possibility that the outcomes considered in the project life cycle, will not match the objectives. The industrial sectors have long applied, within specific domains,

- condizioni formali di contratto e loro effetti;
- accordi informali tra le diverse parti;
- procedure e sistemi di coordinamento e controllo.

Rischio e incertezza nel processo edilizio

L'insieme di queste condizioni rende evidente la molteplicità delle categorie di rischi relativi alla possibilità che gli esiti del progetto, considerato nel suo ciclo di vita, non corrispondano agli obiettivi. Gli ambiti industriali da tempo applicano, all'interno di specifici domini, metodi e strumenti di gestione del rischio nello sviluppo dei progetti, anche se, come emerge dall'analisi dell'intensa produzione scientifica sul tema, esistono ancora barriere alla adozione generalizzata ed è tuttora vivace il dibattito circa i più adeguati modelli e approcci da adottare (Zio *et al.*, 2013).

Per il progetto di architettura, benché per sua natura più soggetto rispetto ad altri a condizioni di incertezza, i molteplici possibili fattori di ostacolo alla diffusione di una cultura del risk management (Tab. 4) risultano essere ancora più condizionanti e non appare esistere una prassi applicativa appropriata rispetto alla specificità e alla complessità del settore delle costruzioni e dei suoi operatori.

Viceversa, la definizione generale di rischio della norma ISO Guide 73:2009 "Risk management - Vocabulary" presenta molteplici spunti per l'ambito del progetto di architettura. La norma definisce il rischio come "effetto dell'incertezza sugli obiettivi" e caratterizza questo concetto specificando che:

- un effetto è una variazione (positiva e/o negativa) su quanto atteso;
- gli obiettivi possono avere differenti aspetti (finanziari, rela-

methods and tools of risk management for projects development, although – as emerged from the analysis of the significant scientific production on this topic – barriers to the widespread adoption still exist and there is still a lively debate about the most appropriate models and approaches to be adopted (Zio *et al.*, 2013).
 For construction and architectural projects, although by their nature they are more subjects than others to uncertainty, the multiple possible factors that represent an obstacle to the spread of a culture of risk management (Tab. 4) are even more constraining and, moreover, there does not seem to be an appropriate practice with respect to the specificity and complexity of the construction sector and its operators. Conversely, the general definition of risk by ISO Guide 73:2009 "Risk management - vocabulary" presents

multiple suggestions into the area of the architecture project. The standard defines risk as the "effect of uncertainty on objectives" and it characterizes this concept by specifying that:
 - an effect is a variation (positive and/or negative) on the expected outcomes;
 - the objectives may have different aspects (financial, health and safety, environment, etc.) and they can be applied at different levels (organization, project, product, process);
 - the risk is often expressed in terms of the combination of the consequences of an event (including changes in conditions) and the associated probability of occurrence;
 - uncertainty is the state, even partial, of lack of information, understanding or knowledge of an event, its consequences or probability. In figure 1, the model proposed by Port

Area della programmazione	Area della progettazione	Area della realizzazione
Committenti	Progettisti generali	Fornitori di materiali e componenti
Utenti	Società di ingegneria e architettura	Fornitori di attrezzature (software, macchinari, ecc.)
Comunità locali	Progettisti specialisti (disciplinari)	Fornitori di servizi di cantiere (trasporti, CND, ecc.)
Associazioni locali ONG	Esperti tempi e costi Pubblica amministrazione (permessi)	Imprese generali Aziende di prefabbricazione
Associazioni di categoria	Fornitori di servizi tecnici (indagini suolo, ambientali, rumore, ecc.)	Imprese specialistiche
Sindacati	Consulenti specialistici alla progettazione	Società di gestione e manutenzione (FM)
Associazioni industriali	Certificatori energetici	Imprese di demolizione
Enti di normazione	Tecnici competenti in acustica	Società di bonifiche (ambientali, belliche)
Operatori del credito/finanziatori	Gestori di servizi (utilities) interferenti	Consulenti specialistici alla esecuzione
Assicurazioni (per committenti, progettisti, appaltatori, ecc.)	Gestori di reti di trasporto (ferrovie, ecc.)	Gestori rifiuti costruzione e demolizione C&D
Autorità di controllo pubbliche	Enti di controllo privati (verifica progettazione)	Società di general contracting
Società di agency	Coordinatori della sicurezza CSP	Direttori dei lavori
Esperti legali		Coordinatori della sicurezza CSE
Autorità di regolazione (legislatore)		Collaudatori
		Enti di controllo privati (verifica esecuzione)

and Wilf (2019), outlines the possible conditions of uncertainty in the risk assessment.
 The topic of uncertainty is central to the architectural project and, more generally, to the construction process, which – as stated by Ezio Manzini (1985) – is configured as a game with "incomplete information", because:
 - none of the actors is able to define the most rational strategy starting on the assumption of having all the necessary information already available;
 - project is not closed until the end of the construction of the building since – during the construction phase – operators, in order to cope with the randomness of their context, propose solutions by assuming that "the design runs in parallel with the construction";

- information collected in the design development is partial because it is influenced by the assumed priorities and assumptions, with the risk of neglecting – in decision-making and in the development of solutions – aspects which may influence the project quality;
 - available knowledge is incomplete since some information may derive from future events not easily foreseeable in the present, but still able to affect the project outcomes over time.
 All these conditions highlight how the construction process constantly deals with epistemic uncertainty, that is the uncertainty category resulting from missing or incomplete information, which involves a partial knowledge of the processes, phenomena and outputs that characterize them. In the context

NP NC	SP NC
Note probabilità Note conseguenze	Sconosciute probabilità Note conseguenze
NP SC	SP SC
Note probabilità Sconosciute conseguenze	Sconosciute probabilità Sconosciute conseguenze

tivi a salute e sicurezza, ambiente, ecc.) ed essere applicati a diversi livelli (organizzazione, progetto, prodotto, processo);

- il rischio è spesso espresso in termini di combinazione delle conseguenze di un evento (incluso modifiche nelle condizioni) e l'associata probabilità di accadimento;
- l'incertezza è lo stato, anche parziale, di carenza di informazioni, comprensione o conoscenza di un evento delle sue conseguenze, o della sua probabilità. In figura 1 il modello proposto da Port, D. and Wilf (2019) schematizza le possibili condizioni di incertezza nella valutazione del rischio.

Il tema dell'incertezza è centrale per il progetto di architettura e, più in generale, per il processo edilizio che, come affermava Ezio Manzini (1985), si configura come un gioco a "informazione incompleta", poiché:

- nessun attore può decidere la propria strategia più razionale partendo dal presupposto di avere già in mano tutta l'informazione necessaria;
- il progetto non viene chiuso che a conclusione dell'opera in quanto in sede di realizzazione gli operatori per far fronte all'aleatorietà del loro contesto inventano soluzioni, "la progettazione corre in parallelo alla costruzione propriamente detta";
- le informazioni raccolte nello sviluppo del progetto sono parziali in quanto condizionate dalle priorità e dai presupposti assunti, con il rischio di trascurare, nell'assunzione di decisioni e nella elaborazione delle soluzioni, aspetti che possono influenzare la qualità del progetto;
- la conoscenza a disposizione è incompleta in quanto alcune informazioni potranno derivare da eventi futuri non prevedibili nel presente ma comunque in grado di incidere sul ri-

sultato del progetto nel tempo. L'insieme di queste condizioni evidenzia il fatto che il processo edilizio costantemente si confronta con l'incertezza epistemica, ossia con quella forma di incertezza derivante da informazioni mancanti o incomplete, che comporta una conoscenza parziale dei processi e dei fenomeni e degli output che li caratterizzano. Nel contesto delle valutazioni di rischio probabilistiche l'incertezza è normalmente riferita a due condizioni (Zio, 2013): la prima (incertezza ontologica o obiettiva) è quella caratterizzata dalla casualità dovuta alla variabilità intrinseca dei sistemi, la seconda (epistemica o soggettiva) è quella attribuibile all'imprecisione dovuta alla mancanza di conoscenza e informazioni sul sistema.

Gli effetti di questa incertezza coinvolgono l'organizzazione, il progetto, i prodotti, i processi e riguardano rischi rispetto a due scale temporali:

- sul breve periodo, sostanzialmente la fase realizzativa, i rischi sono legati al non raggiungimento degli obiettivi in termini di tempo e costi di costruzione e di qualità tecnica;
- sul medio e lungo periodo i rischi riguardano sia il mantenimento, al mutare delle condizioni di contesto, della serviceability³, sia gli impatti del progetto su diversi piani di lettura

of probabilistic risk assessments, uncertainty is normally referred to two conditions (Zio, 2013): the first (ontological or objective uncertainty) is characterized by randomness due to the intrinsic systems variability, the second (epistemic or subjective) is imputable to the imprecision due to the lack of knowledge and information about the system.

The effects of this uncertainty involve organizations, projects, products, processes and they regard risks related to two temporal scales:

- in the short term, essentially during the construction phase, risks are linked to the failure in achievements of the objectives, in terms of time schedule, construction costs and technical quality;
- in the medium and long term, the risks concern both keeping - according to changes of context

conditions - the expected serviceability³, and the project impacts on different context aspects (environmental, social, etc.).

Many organizational studies (Ward *et al.*, 2006) (Perminova *et al.*, 2008) (Zidane and Andersen, 2018) (Xia *et al.*, 2018; Chapman, 2019) have proposed to shift the focus from the most traditional risk management practices to the most innovative uncertainty management approach. It is clear the proactive value of an approach which aims to identify and address possible uncertainty sources (ex ante approach) rather than dealing only with their effects in terms of the risk of not achieving the objectives (ex post approach). *Uncertainty management* implies the exploration and the understanding of the origins of project uncertainty before trying to manage it (Ward *et al.*, 2006), that is to manage threats and

opportunities, and their risk implications, through the various sources of uncertainty, which generate and set risks (Smith, 2003). Although the importance of the implementation of risk management processes within organizations is constantly increasing, and normalized and shared approaches for their implementation are available⁴, there are still several barriers to their systematic diffusion (Tab. 4).

This focus on the relationship between risk and epistemic uncertainty opens up the possibility of transferring and applying to the specific area of the architectural project some of the contributions of the many studies that are developing theoretical models and experimentations about uncertainty management methods within decisional and execution processes. In particular, considering the general uncertainty model proposed by Heland

(2003) shown in figure 2, it is possible to identify each of the four uncertainty conditions identified within the construction process.

In particular, focusing on the conditions of lack of information and of undetermined uncertainty generated by the high number of relationships between different stakeholders, it is possible to make some reflections about the role of the detailed design in the definition of strategies and tools for managing uncertainty.

Detailed design and uncertainty management

Considering the complexity of information flows and relationships within the construction process, it is possible to state that the detailed design can be identified as the appropriate place to manage the epistemic uncertainty. The detailed design is in fact a system of

Tab. 04 | Barriere alla diffusione del risk management: aree di riferimento e esempi (rielaborazione da Chapman, 2019)
Barriers to the spread of risk management: reference areas and examples (adapted from Chapman, 2019)

del contesto (ambientale, sociale, ecc.).
 Diversi studi organizzativi (Ward *et al.*, 2006) (Perminova *et al.*, 2008) (Zidane and Andersen, 2018) (Xia *et al.*, 2018) (Chapman, 2019) propongono di spostare l'attenzione dalle più tradizionali prassi di *risk management* al più innovativo approccio di *uncertainty management*, ossia dalla gestione del rischio alla gestione dell'incertezza, riconoscendo il valore proattivo di un approccio teso a identificare e trattare le possibili fonti di incertezza (approccio ex ante) piuttosto che trattare solo i loro effetti in termini di rischio di non raggiungimento degli obiettivi (approccio ex post). *Uncertainty management* implica esplorare e comprendere le origini dell'incertezza di progetto prima di cercare di gestirla (Ward *et al.*, 2006), ossia gestire minacce e opportunità e le loro implicazioni in termini di rischi attraverso la gestione delle varie fonti di incertezza che generano e configurano i rischi (Smith, 2003). Benchè l'importanza della implementazione dei processi di risk management nelle organizzazioni sia sempre maggiore e siano disponibili approcci normalizzati e condivisi per la loro attuazione⁴, si riscontrano ancora numerose barriere alla loro diffusione sistematica (Tab. 4).

Questa focalizzazione sul rapporto tra rischio e incertezza epistemica apre a possibilità di trasferimento e applicazione all'ambito specifico del progetto d'architettura di alcuni dei contributi dei tanti studi che in ambito organizzativo stanno sviluppando modelli teorici e sperimentazioni sulle modalità di gestione dell'incertezza nei processi decisionali ed esecutivi.

In particolare, considerando il modello generale di incertezza proposto da Hetland (2003) e riportato in figura 2, è possibile

documents that includes and systemizes all the information deriving from the processing, the negotiations and the decisions taken by the upstream operators. This is therefore information that should, at the same time, allow to assess the quality of the design solutions in relation to the initial objectives, to predict product and process performance and to simulate future behavior. In addition, the information included in the detailed design is the actuator of the decisions and actions of the operators that are located downstream and that are related to the supply, construction, operation and management. The detailed design, however, is at the same time liable to be affected by a plurality of elements of epistemic uncertainty attributable, referring to the models in figures 1 and 2: upstream to the condition of lack of information regarding the outcomes of

the processes; and downstream to the indeterminate uncertainty in relation to the possible behaviors, relationships and decisions that will be assumed by the complex system of the executors/operators. The relationships between process and design relate the nature and operating practices of the client to the qualification of the person responsible for design (Arbizzani, 2012).

The epistemic uncertainty management model, proposed in figure 3, assumes the detailed design as its center of gravity, characterizing it in its systemic relationships with 3 areas:

- *Brief Document (BD)*: the BD is a fundamental tool to manage the level of uncertainty in the project. If developed in an articulated and in-depth manner, it is a useful tool for defining reference requirements, expected performances, measurement methods and criteria

Leadership e Governance
Mancanza di una funzione aziendale dedicata al risk management e di un budget corrispondente
La gestione del rischio non è vista come una disciplina che aggiunge valore
La gestione del rischio non è una priorità per la leadership e per tutti i livelli di gestione del progetto
Cultura
Mancanza di applicazione delle "lessons learned" per supportare l'identificazione del rischio
Partecipanti non formati nelle pratiche e procedure di gestione del rischio specifiche di un progetto
La cultura manageriale non incoraggia e ricompensa il personale a tutti i livelli per identificare il rischio
Compliance
Mancata individuazione della legislazione da rispettare e delle sanzioni per non eventuali non conformità
Comunicazione
Mancata comunicazione dell'esposizione al rischio al gruppo dirigente
Contesto
Gli obiettivi del progetto non sono espliciti, chiaramente identificati e adeguatamente comunicati
Il contesto del progetto non è adeguatamente descritto e comunicato
Le parti interessate esterne con la capacità di incidere sugli obiettivi del progetto non sono state completamente identificate
Persone
Il personale non ha esperienza e capacità adeguate agli obiettivi di progetto
Processo: Identificazione dei rischi
I rischi non sono identificati, valutati e riesaminati continuamente
Non tutte le discipline di progetto sono coinvolte nel processo di identificazione dei pericoli per garantire che sia completo
Processo: Pianificazione della risposta
Pianificazione della risposta ai rischi non attuata in modo rigoroso o coerente
I piani di mitigazione del rischio non sono monitorati per valutare la loro efficacia

for evaluating the design results; it also outlines the framework of the necessary information that must be present in the detailed design for the purpose of its final verification and validation. This connection of direct information correspondence between the requests of the BD and the contents of the detailed design, besides being an essential condition for the careful quality control of the project, represents a reliable reference within the complex relationships between the stakeholders, with respect to the expected informational outcomes of their interactions;

- *map of uncertainty sources*: as mentioned above, the construction process in its development encounters many possible sources – both endogenous and exogenous – of uncertainty. The detailed mapping

of all the relationships between stakeholders enables to highlight the causes and effects of the possible "short circuits" in the cognitive and decision-making contents of their interactions, as well as the design documents in which it is possible to verify, intercept and manage the poor quality of the necessary information. Table 5 shows an example of mapping related to some documents of the detailed design, but this analysis should be extended – also with the objective to allow for consistency checks – to all the phases of the design process;

- *organizational models of the construction process*: the construction process can have different organizational models (Levy, 2010) in relation to a multiplicity of issues (characteristics and capacity of the stakeholders, reference context, ex-

identificare all'interno del processo edilizio ciascuna delle quattro condizioni di incertezza individuate. In particolare, focalizzando l'attenzione sulla condizione di mancanza di informazione e di incertezza indeterminata generata dalla elevata quantità di relazioni tra stakeholder diversi, è possibile condurre alcune riflessioni sul ruolo del progetto esecutivo nella definizione di strategie e di strumenti per la gestione dell'incertezza.

Progetto esecutivo e gestione dell'incertezza

Considerando la complessità dei flussi informativi e delle relazioni all'interno del processo edilizio, è possibile affermare che il progetto esecutivo può essere identificato come il luogo privilegiato per la gestione dell'incertezza epistemica. Il progetto esecutivo è infatti quel sistema di elaborati e documenti che contiene e mette a sistema tutte le informazioni che sono gli esiti delle elaborazioni, delle negoziazioni e delle decisioni assunte dagli operatori a monte. Si tratta quindi delle informazioni che dovrebbero allo stesso tempo consentire di valutare la qualità delle soluzioni progettuali in relazione agli obiettivi iniziali, di prevedere le prestazioni di prodotto e di processo, di simulare comportamenti futuri. Inoltre le

informazioni contenute nel progetto esecutivo sono gli attivatori delle decisioni e delle azioni degli operatori che si collocano a valle e che sono relativi della fornitura, della costruzione e della gestione. Il progetto esecutivo è però allo stesso tempo passibile di essere affetto da una pluralità di elementi di incertezza epistemica attribuibili, riferendosi ai modelli di figura 1 e 2, a monte alla condizione di mancanza di informazioni per quanto riguarda gli esiti dei processi e a valle alla incertezza indeterminata in relazione ai possibili comportamenti, relazioni e decisioni che verranno assunti dal sistema complesso degli esecutori/gestori. Le analisi delle relazioni fra processo e progetto possono inoltre consentire, sempre in una prospettiva di gestione dei rischi, di mettere in relazione la natura e le prassi operative del committente con la qualificazione del soggetto incaricato dell'esecuzione del progetto (Arbizzani, 2012).

Il modello di gestione dell'incertezza epistemica, proposto in figura 3, assume come baricentrico il progetto esecutivo, caratterizzandolo nelle sue relazioni sistemiche con 3 ambiti:

- *il Documento Preliminare alla Progettazione (DPP)*: il DPP è uno strumento fondamentale per controllare il livello d'incertezza del progetto. Se sviluppato in modo articolato e approfondito, nel definire requisiti di riferimento, prestazioni

		Stato	
		Chiuso	Aperto
Dati	Conoscenza	Incertezza deterministica	Variabilità
	Non Conoscenza	Mancanza di informazione	Incertezza indeterminata

Incertezza deterministica: Incertezza in situazioni "closed game", ossia in domini circoscritti, dove tutte le informazioni circa i possibili risultati (numero, valori e probabilità di accadimento) sono completamente note.

Mancanza di informazione: incertezza dovuta a informazioni incomplete, che possono portare a interpretazioni ambigue all'interno di domini definiti. Questa incertezza può essere ridotta investendo per l'acquisizione di nuove informazioni e/o nella più approfondita interpretazione dei dati disponibili.

Variabilità: Incertezza riferibile a variabili calcolate utilizzando una combinazione di dati storici e stime di probabilità soggettive (per esempio costo e durata di una attività). A differenza della incertezza deterministica, in questo caso i possibili risultati dei processi (numero, valori e probabilità di accadimento) sono determinati sulla base di giudizi professionali supportati da dati, relativi a situazioni analoghe e trattati statisticamente.

Incertezza indeterminata: incertezza derivante dalle interazioni aperte tra attori/componenti all'interno di processi complessi, caratterizzati dalla elevata variabilità delle relazioni e degli elementi di contesto.

Esempio: valutazione della prestazione termica di una chiusura verticale con definizione precisa di materiali e spessori costituenti la parete. L'algoritmo per determinare la prestazione (ad esempio trasmittanza termica) è conosciuto e chiaramente definito (stato chiuso). I dati relativi a materiali e spessori sono conosciuti e di conseguenza i valori di densità, conduttività e calore specifico sono definiti a meno della variabilità statistica intrinseca di tali caratteristiche.

Esempio: inserimento di un sistema di facciata in un quadro di azioni esterne (climatiche, antropiche, fisiche) definito. In questa situazione l'algoritmo che descrive il comportamento dell'elemento è conosciuto (ad esempio per le sue prestazioni termiche, acustiche, di tenuta all'acqua, ...) ma si ha mancanza di informazioni relative alla durata di vita utile dell'elemento di facciata che rende incerto il comportamento nel tempo del sistema nel contesto del progetto. La mancanza di informazione potrebbe ad esempio essere ridotta attraverso la esecuzione di un numero adeguato di prove di invecchiamento.

Esempio: per una parte d'opera la determinazione dei tempi necessari alla realizzazione nell'opera in fase di progetto è in una situazione di incertezza aperta perché non esiste un quadro completo (algoritmo) per determinare il tempo di esecuzione che viene stimato sulla base di informazioni derivanti da progetti precedenti o sulla base di giudizio degli esperti. Lo stato di incertezza è aperto perché nel progetto potrebbero essere presenti fattori diversi da quelli dei progetti precedenti o che non sono stati precedentemente affrontati dagli esperti (l'algoritmo non è chiuso e definito).

Esempio: fase di realizzazione di una parte d'opera dell'edificio nella quale lo stato di incertezza è aperto perché non è perimetrato a priori il campo dei possibili soggetti intervenenti (che dipende dalle strategie di approvvigionamento dell'appaltatore) e delle loro tecniche e modalità esecutive e non sono disponibili tutte le informazioni relative alla fase (ad esempio condizioni climatiche, condizioni di traffico giornaliero per l'avvicinamento al cantiere dei materiali e componenti, ...).

attese, modalità di misurazione e criteri di valutazione degli esiti della progettazione, traccia il quadro di riferimento delle informazioni necessarie che devono essere presenti nel progetto esecutivo al fine della sua verifica finale e validazione. Questo legame inscindibile, di diretta corrispondenza informativa tra richieste del DPP e contenuti del progetto esecutivo, oltre a essere condizione essenziale per il controllo puntuale della qualità del progetto, rappresenta un riferimento certo, nelle relazioni complesse tra stakeholder, relativamente agli attesi esiti informativi delle loro interazioni;

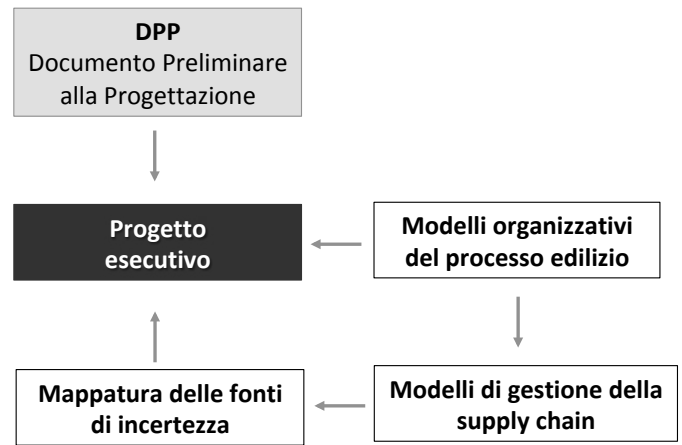
- *la mappa delle fonti di incertezza*: come si è detto, il processo edilizio, nel suo sviluppo, incontra moltissime possibili fonti – sia endogene che esogene – di incertezza. La mappatura dettagliata di tutte le relazioni tra stakeholder consente di evidenziare sia cause ed effetti dei possibili “corti circuiti” nei contenuti conoscitivi e decisionali delle loro interazioni, sia gli elaborati progettuali nei quali è possibile verificare, intercettare e gestire la mancanza o la scarsa qualità delle informazioni necessarie. In tabella 5 è riportato un esempio di mappatura relativo ad alcuni elaborati del progetto esecutivo, ma questa analisi dovrebbe essere estesa, anche con obiettivi di verifiche di coerenza, a tutte le fasi del processo progettuale;
- *i modelli di organizzazione del processo edilizio*: il processo edilizio può assumere diversi modelli organizzativi (Levy, 2010) in relazione a una pluralità di questioni (caratteristiche e capacità degli stakeholder, contesto di riferimento, tempi attesi di sviluppo, propensione al rischio degli investitori, ecc.). Una delle questioni da prendere in considerazione è legata al livello di incertezza che è possibile riconoscere al progetto, sia in termini di variabili di contesto sia in termi-

pected development schedules, risk attitude of the investors, etc.). One of the issues to be taken into consideration is linked to the level of uncertainty that can be attributed to the project, both in terms of context variables and in terms of the innovativeness of the initiative and also in terms of skills of the operators of the execution phases. In relation to the adopted model, the detailed design can be extended to the construction and operation phase (from the traditional design-bid-build model to design-build models with the evolution of the fast track or construction management model, up to the complete union of the phases of planning, construction and management in partnership models, construction and operation concessions or Build-Operate-Transfer contracts), deferring the

management of uncertainty sources and related risks after the design stage and entrusting decisions to other actors of the supply chain (for example suppliers or contractors).

Conclusions

Epistemic uncertainty is inherent in the cognitive and decision-making processes of architectural design. Considering the project life cycle perspective, the sources of uncertainty are multiple and interrelated: variability and uniqueness of the context, multiplicity of techniques and disciplines, quantity of stakeholders and their interactions, hypertrophy of the framework of standards and rules, spatial and temporal expansion of project impacts and consequences of decisions, etc. Recent studies on project management propose a shift in approach from *risk management to uncertainty man-*



ni di innovatività dell’iniziativa sia di competenze possedute dagli operatori delle fasi esecutive. In relazione al modello assunto, il progetto esecutivo può essere dilatato fino alla fase realizzativa e gestionale (dal tradizionale modello design-bid-build a modelli di design-build con le evoluzioni del modello fast track o construction management, fino ad arrivare alla completa unione delle fasi di progettazione costruzione e gestione nei modelli di partenariato, nelle concessioni di costruzione e gestione o nei contratti *Build-Operate-Transfer*) dilazionando la gestione delle fonti di incertezza e dei relativi rischi a valle della concezione del progetto e affidando decisioni a altri soggetti della catena di fornitura (per esempio fornitori o esecutori).

Conclusioni

L’incertezza epistemica è conaturata nei processi conoscitivi e decisionali del progetto di architettura. Considerando la prospettiva del ciclo di vita del progetto (*project life cycle*) le fonti di incertezza sono molteplici e interrelate: variabilità e unicità del contesto, molteplicità delle tecniche e delle discipline, quantità degli stakeholder e delle loro interazioni, ipertrofia del quadro di norme e regole, dilatazione spaziale e temporale degli impatti del

agement with the perspective of acting proactively on risk sources and not on their potential consequences.

The transfer to the architectural project of the principles of the uncertainty management approach can be realized through the development of: an information framework capable of systemizing the project objectives and a map of the uncertainty sources. The detailed design seems to be the appropriate place to apply and interpret this mapping activity, which helps to identify important and prior information for project management – and at the same time to fill in any identified information gaps – and to allocate them to individuals elements also through the adoption of a Building Information Modeling approach.

The clear definition – starting from the specifications of the brief document – and communication of the expected

content to all stakeholders, together with the mapping of the sources of uncertainty in the various parts of the supply chain, makes it possible to maintain the centrality of the detailed design as an effective tool for the uncertainty and project risk management.

NOTES

¹ The term stakeholder has been defined by Freeman (1984) as «any group or individual who can affect, or is affected by, the achievement of the organization’s objectives». More recently, the ISO 9000:2015 standard has proposed a further definition, such as «person or organization that can affect, be affected by, or perceive itself to be affected by a decision or activity». The concept of perception added by ISO 9000:2015 appears particularly important for construction projects, where the number and variety of stakehold-

Tab. 05 | Esempio non esaustivo di mappatura dei fattori di incertezza associati ad alcuni dei documenti costituenti il progetto esecutivo
Non-exhaustive example of mapping of uncertainty factors associated with some of the documents of the detailed design

Documento	Stakeholder di riferimento (mon- te)	Stakeholder di riferimento (valle)	Possibili fonti di incertezza (epistemica)
a) Relazio- ne generale	<ul style="list-style-type: none"> - committenti; - utenti; - collettività; - comunità e associazioni locali; - enti autorizzativi; - gestori interferenze. 	<ul style="list-style-type: none"> - committenti; - utenti; - collettività; - comunità e associazioni locali; - fornitori; - appaltatori; - subappaltatori; - organismi di verifica dei progetti; - gestori interferenze; - enti autorizzativi; - addetti al controllo (qualità, sicurezza e ambiente); - addetti alla gestione (Facility Management). 	<ul style="list-style-type: none"> - assenza di canali di comunicazione efficaci da attivare nei confronti delle parti interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto; - condizioni di contesto (ambientale, economico, sociale) e parametri che possono influire sulle attività di approvvigionamento, esecuzione e gestione (stato delle bonifiche già eseguite, rimozione delle interferenze già attuate, analisi delle componenti ambientali significative per l'intervento, presenza di comunità locali che possono impattare sulla esecuzione delle opere, ecc.); - mancata esplicitazione delle modalità di uso previste per l'opera e per le sue componenti; - assenza di definizione di obiettivi per la gestione ambientale nella fase di esecuzione; - assenza di definizione di obiettivi per gli aspetti di sicurezza nella fase di esecuzione; - assenza di definizione degli obiettivi di qualità per l'intervento nelle fasi del ciclo di vita; - assenza di formulazione di criteri e strategie per la fase di esercizio e manutenzione; - mancata identificazione dei processi da attivare per la gestione delle interferenze con le lavorazioni in fase di esecuzione; - mancata definizione di strategie per la gestione della qualità nelle fasi di costruzione e gestione (qualifica dei processi, qualifica delle competenze, prototipazione, interfaccia con i controlli qualità in fabbricazione, performance indicator per le fasi di esercizio e manutenzione, ecc.); - mancata previsione dei criteri di revisione prezzi da adottare nel ciclo di vita del progetto.
b) relazioni specialisti- che	<ul style="list-style-type: none"> - committenti; - enti autorizzatori; - enti regolatori; - utenti; - addetti alla gestione. 	<ul style="list-style-type: none"> - Committenti; - soggetti deputati al controllo esterno; - appaltatore; - subappaltatori; - fornitori; - addetti al controllo qualità (in fabbricazione e in costruzione); - operatori della gestione; - direttori dei lavori; - ecc. 	<ul style="list-style-type: none"> - mancata esplicitazione di tutte le ipotesi assunte e dei criteri adottati; - mancata analisi di costruibilità; - mancata analisi di operabilità; - mancata analisi di manutenibilità; - mancata definizione dei processi e metodi di verifica e dei criteri di accettazione nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto (fabbricazione, posa in opera, manutenzione); - mancata definizione dei contenuti minimi per i piani di fabbricazione e controllo (produzione off-site) e per i piani di posa degli elementi e componenti (produzione on-site); - mancata espressione dei requisiti di competenza e operatività da richiedere a fornitori e esecutori ("capability", attrezzature, certificazioni di competenza del personale, ecc.); - mancato utilizzo di strumenti di correlazione tra elaborati grafici e altri elaborati di progetto (5).

| Tab. 05

progetto e delle conseguenze delle decisioni, ecc. I recenti studi in materia di gestione dei progetti propongono uno spostamento di approccio dal *risk management* all'*uncertainty management* con la prospettiva di agire in maniera proattiva sulle fonti di rischio e non sulle loro potenziali conseguenze.

Trasferire al progetto di architettura i principi dell'approccio di *uncertainty management* può concretizzarsi nella costruzione di un framework informativo capace di mettere a sistema gli obiettivi di progetto e una mappatura delle fonti di incertezza. Il progetto esecutivo appare essere il luogo privilegiato rispetto al quale applicare e interpretare tale mappatura che aiuta a identificare le informazioni importanti e prioritarie per la gestione del progetto – e nello stesso tempo a colmare le eventuali lacune informative identificate – e ad allocarle ai singoli elementi anche attraverso il ricorso ad un approccio di Building Information Modeling.

La chiara definizione, a partire dalle specifiche del DPP, e comunicazione dei contenuti informativi attesi a tutti gli stakeholder unitamente alla mappatura delle fonti di incertezza nelle varie articolazioni della supply chain, consente di mantenere la centralità e l'unitarietà del progetto esecutivo quale strumento efficace per la gestione dell'incertezza e dei rischi di progetto.

NOTE

¹ Il termine “parte interessata” è frequentemente sostituito dal termine “stakeholder” per il quale una delle definizioni più conosciute è quella fornita da Freeman (1984) «any group or individual who can affect, or is affected by, the achievement of the organization's objectives». Più recentemente lo standard ISO 9000:2015 ha proposto una ulteriore definizione: «person or organization that can affect, be affected by, or perceive itself to be affected by a

ers sensitivity is extremely diversified

² For instance, 20 operators can activate up to 190 information flows which are likely to generate uncertainty in the process

³ Serviceability: ability to meet or exceed relevant performance requirements (ISO 15686-3:2002 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 3: Performance audits and reviews).

⁴ In 2009, after an initial phase of testing voluntary standards on the subject of risk management – such as the standard AS/NZS 4360-2004 “Risk management” – the international technical standard ISO 31000: 2009 “Risk management - Guidelines” was published. The standard, updated in 2018, proposes a framework for the implementation of risk management principles within organizations.

decision or activity». Il concetto di percezione aggiunto dalla ISO 9000:2015 appare particolarmente importante per i progetti di costruzione nei quali il numero e la varietà di sensibilità degli stakeholder è estremamente diversificato.

² Ad esempio 20 soggetti possono attivare fino a 190 flussi di informazioni in grado di generare incertezza nel processo.

³ Serviceability: ability to meet or exceed relevant performance requirements (ISO 15686-3:2002 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 3: Performance audits and reviews).

⁴ Nel 2009, dopo una prima fase di sperimentazione di standard volontari sul tema del risk management – come ad esempio lo standard AS/NZS 4360-2004 Risk management – è stata pubblicata la norma tecnica internazionale ISO 31000:2009 Risk management – Guidelines. La norma, aggiornata nel 2018, propone un quadro di riferimento per la implementazione dei principi di risk management all'interno delle organizzazioni.

⁵ Ad esempio sistemi di breakdown structure (space breakdown structure, product breakdown structure, organizational breakdown structure, work breakdown structure, etc.).

REFERENCES

Abolghasemi, M., Ismail, S., Sharif, N.B.M., Kookhdan, A.R. and Mardani, A. (2018), “Enhancing the Performance of Residential Construction Project Through Stakeholder Satisfaction: The Application of Structural Equation Modelling (SEM)”, *Transformations in Business & Economics*, Vol. 17, n. 2 (44).

Alarcón, L.F. and Mardones, D.A. (1998), “Improving the design-construction interface”, *Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction*, pp. 1-12.

Andi, A. and Minato, T. (2003), “Design documents quality in the Japanese construction industry: Factors influencing and impacts on construction process”, *International Journal of Project Management*, Vol. 21, pp. 537-546.

- Arbizzani, E. (2012), *Il progetto per costruire. Strumenti operativi per la gestione dei rischi nei processi attuativi pubblici*, Maggioli Editore, Milano.
- Assaf, S., Hassanain, M.A. and Abdallah, A. (2017), "Assessment of Deficiencies in Design Documents for Large Construction Projects", *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol. 31(5).
- AVCP Autorità Vigilanza Contratti Pubblici (2009), "Il metodo del Public Sector Comparator e l'analisi del valore".
- Aven, T., Baraldi, P., Flage, R. and Zio, E. (2013), *Uncertainty in risk assessment: the representation and treatment of uncertainties by probabilistic and non-probabilistic methods*, John Wiley and Sons.
- Building Services Research and Information Association (BSRIA) (2014), *The soft landings framework for better briefing, design, handover and building performance in-use*, UK.
- Chapman, C. and Ward, S. (2002), *Managing Project Risk and Uncertainty*, Wiley, Chichester.
- Chapman, R.J. (2019), "Exploring the value of risk management for projects: improving capability through the deployment of a maturity model", *IEEE Engineering Management Review*.
- Freeman, R.E. (1984), *Strategic management: a stakeholder approach*, Pitman Publishing.
- Gana, V., Giridharan, R. and Watkins, R. (2017), "Application of Soft Landings in the Design Management process of a non-residential building", *Architectural Engineering and Design Management*, Vol.14 (3), pp. 178-193.
- Hetland, P.W. (2003), "Uncertainty management", in Smith, N.J. (Ed.), *Appraisal, Risk and Uncertainty*, Thomas Telford.
- Hughes, W. and Murdoch, J., (2001), *Roles in construction projects*, University of Reading UK.
- Levy, S. (2010), *Construction process planning and management*, Elsevier.
- Manca, C., Grijalvo, M., Palacios, M. and Kaulio, M. (2018), "Collaborative workplaces for innovation in service companies: barriers and enablers for supporting new ways of working", *Service Business*, Vol. 12, pp. 525-550.
- Manzini, E. et al., (1985), *L'architettura e la complessità del costruire. Convenzioni, dimensioni, linguaggi*, CittàStudi.
- McElroy, B. and Mills, C. (2000), *Managing stakeholders. Gower handbook of project management*, Gower Publishing Limited, Burlington, VT, pp. 757-775.
- Mok, K.Y., Qiping Shen, G. and Yang, J. (2018), "Stakeholder management studies in mega construction projects: A review and future directions", *International Journal of Project Management*, Vol. 33, pp. 446-457.
- Norsa, A. (2018), *Report 2018 on the Italian Construction, Architecture and Engineering Industry*, Guamari.
- Perminova, O., Gustafsson, M. and Wikstro, K. (2008), "Defining uncertainty in projects - a new perspective", *International Journal of Project Management*, Vol. 26, pp. 73-79.
- Port, D. and Wilf, J. (2019), "Classifying Risk Uncertainty for Decision Making", *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- PwC (2014), "Real Estate 2020: Building the future".
- Smith, N.J. (2003), *Appraisal, Risk and Uncertainty*, Thomas Telford.
- Ustinovičius, L. et al. (2007), "Uncertainty analysis in construction project's appraisal phase", *The 9th International conference, Modern building materials, structures and techniques*.
- Vestbro, D.U. (2010), "Living Together - Cohousing Ideas and Realities Around the World", *Proceedings from the international collaborative housing conference in Stockholm* May 5-9.
- Ward, S., Atkinson, R. and Crawford, L. (2006), "Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management", *International Journal of Project Management*, Vol. 24, pp. 687-698.
- World Economic Forum (2016), "Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology".
- Xia, N., Zou, P.X.W., Griffin, M.A., Wang, X. and Zhong, R. (2018), "Towards integrating construction risk management and stakeholder management: a systematic literature review and future research agendas", *International Journal of Project Management*, Vol. 36, pp. 701-715.
- Zidane, Y.J.T. and Andersen, B. (2018), "The top 10 universal delay factors in construction projects", *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 11, Issue 3, pp. 650-672.
- Zio, E. (2013), *The Monte Carlo Simulation Method for System Reliability and Risk Analysis*, Springer Verlag, Springer Series in Reliability Engineering, Berlin.

Valentina Marino, Francesca Thiébat,

Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

valentina.marino@gbcitalia.org
francesca.thiebat@polito.it

Abstract. L'articolo affronta il tema dell'integrazione tra gli aspetti ambientali-tecnologici, definiti dalle recenti policy europee e nazionali, nel progetto architettonico. Si analizzano gli obiettivi, i requisiti e gli indicatori di riferimento per affrontare gli aspetti di sostenibilità ambientale nelle varie fasi del processo progettuale, a partire dall'idea architettonica fino agli approfondimenti tecnologici e costruttivi del progetto esecutivo. Partendo da tali premesse, l'articolo mette a confronto il quadro Europeo Level(s) con i CAM per l'edilizia al fine di individuare corrispondenze e divergenze e di verificare la completezza delle indicazioni (norme, standard, banche dati, tools) fornite ai progettisti per integrare le informazioni nel progetto.

Parole chiave: Progetto esecutivo; Quadro Europeo Level(s); CAM edilizia; Progettazione sostenibile; Life-cycle design.

Background culturale e scientifico

L'impegno comune Europeo per contrastare il cambiamento climatico richiede un contributo sostanziale da parte dell'ambiente costruito, non solo limitato al campo dell'efficienza energetica e alle emissioni climalteranti ma esteso all'uso di tutte le risorse, alla riduzione del consumo dei suoli, al prolungamento della vita utile di materiali e prodotti e alla riduzione dei rifiuti immessi in ambiente.

Con la COM (2014) 445 la Commissione Europea ha espresso la necessità di migliorare l'efficienza delle risorse, ha sottolineato la responsabilità delle decisioni progettuali e della scelta dei materiali nel ridurre l'impatto degli edifici e ha proposto la definizione di uno strumento per supplire alla mancanza di informazioni «fruibili e affidabili per orientare il processo decisionale». La Commissione Europea (DG Ambiente, DG GROW, JRC), attraverso un intenso lavoro di consultazione degli stakeholder ha sviluppato Level(s), un quadro di riferimento comune europeo dei principali indicatori e metriche per valutare la sostenibilità degli edifici residenziali e uffici lungo l'intero ciclo di

Integration of sustainability requirements in architectural design

Abstract. The paper explores the integration of technological and environmental requirements in the architectural design, as these are recently defined by the European and national policy pieces. It analyses how environmental sustainability objectives, requirements and reference indicators are addressed in the design process, from the architectural concept design to technological and construction choices in detailed design. Hence, the paper compares the European framework Level(s) with the *Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia* (the national GPP rules for the building sector), to highlight similarities and differences and to understand if designers are provided with a comprehensive set of instructions (norms, standards, databases and tools) to include this information in the project.

Keywords: Detailed design; European framework Level(s); CAM; Sustainable design; Life-cycle design.

vita. Level(s), nato a partire dagli indicatori dei principali *rating system* internazionali, è rivolto agli attori coinvolti nel processo edilizio (committenti, investitori, progettisti, valutatori immobiliari, gestori immobiliari, pubbliche amministrazioni) e può essere utilizzato in tutte le fasi del processo edilizio: nelle fasi di progettazione, di costruzione, di completamento, di gestione, di esercizio, di riqualificazione, di fine vita. Lo strumento è attualmente in fase di test da parte di 136 progetti in Europa. L'Italia partecipa con 19 progetti, di cui 9 residenziali e 10 di edifici per uffici.

Anche a livello nazionale, negli ultimi anni, il quadro legislativo si sta orientando verso gli aspetti di sostenibilità ambientale a completamento degli obiettivi di efficienza energetica. Il Nuovo Codice Appalti (D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50) in attuazione delle Direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE, prevede infatti che gli appalti pubblici tengano conto degli aspetti ambientali nell'intero ciclo di vita di prodotti e servizi (inclusi gli edifici e i servizi di progettazione)¹. Per quanto riguarda l'edilizia pubblica, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha adottato provvedimenti per l'uso efficiente delle risorse e per la riduzione dei consumi attraverso l'applicazione dei "Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" (D.M. 11/10/2017). I CAM edilizia definiscono pertanto caratteristiche e prestazioni ambientali al di sopra della media del settore, per ridurre gli impatti degli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione degli edifici, considerati in un'ottica del ciclo di vita. I criteri ambientali integrano quelli normalmente presenti in un capitolato tecnico (ANAC, 2018).

Cultural and scientific background

In the European commitment to fight climate change the built environment plays a key role, not only limited to energy efficiency improvements and greenhouse gas emissions reduction, but also to save resources, to reduce land use and waste, to extend material and products service life.

By COM (2014) 445, the European Commission states the need to improve resource efficiency, highlights the role of design decisions and choice of materials to reduce building impact, and proposes the definition of a tool to overcome the lack of "available and reliable information to guide the decisional process". By an intense stakeholder consultation process, the European Commission (DG Environment, DG Grow, JRC) developed the common European framework Level(s), that collects the main indicators and

metrics to assess the sustainability of residential and office buildings along a whole building life cycle. Developed from the main international rating systems, Level(s) addresses building process stakeholders and supports all project phases: design, construction, hand-over and close-out, in-use, management, renovation and end of life. Level(s) is currently undergoing a testing phase that involves 136 projects in Europe. Italy presented 19 projects: 9 residential and 10 office buildings. In recent years, to complement the energy efficiency objectives, also the Italian regulatory framework is encompassing environmental sustainability issues. The new code for public tenders (*Nuovo Codice Appalti*, Law n. 50, 18 April 2016), adopting 2014/23/UE, 2014/24/UE and 2014/25/UE directives, declares that public procurement tenders shall consider en-

01 | Lo schema mostra la centralità del progetto esecutivo in relazione alle fasi del ciclo di vita dell'edificio e alle fasi ideative del progetto, quale mezzo di confronto e di scambio tra gli stakeholder

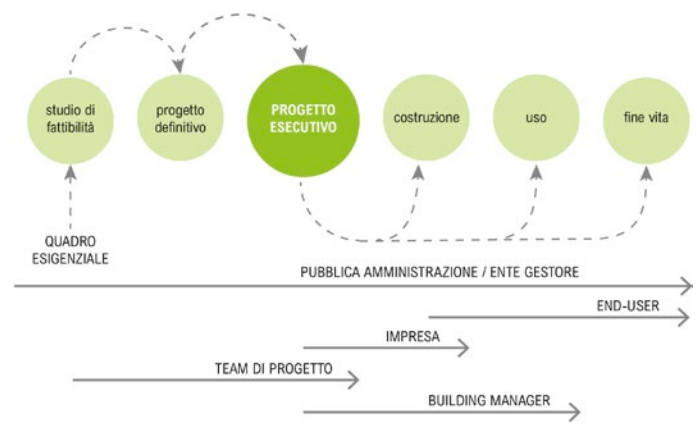
The diagram shows the relevant position of the detailed design in relation to the early design stages and the building life cycle phases, as mean of comparison and exchange of information among stakeholders

Centralità del progetto per la qualità del costruito e per la sostenibilità ambientale

Uno dei compiti dell'architetto è quello di incorporare, già nelle prime fasi di concepimento dell'opera architettonica, i requisiti progettuali che saranno quantificati e calcolati nel progetto esecutivo. Il progetto esecutivo rappresenta il momento del processo edilizio in cui convergono gli input delle prime fasi di progetto (ideazione e sviluppo del progetto) con quelli delle fasi successive della costruzione, dell'uso e dismissione dell'edificio, per contenere l'impatto dell'edificio sull'ambiente, garantire la qualità architettonica ed estetica, e contestualmente soddisfare le esigenze di fruibilità, funzionalità e di sicurezza richieste dagli utenti che utilizzeranno il bene (Fig. 1). Ciò implica necessariamente che il team di progettazione debba prevedere gli interventi da programmare e fornire all'utente finale (che sia il committente, l'utilizzatore o il gestore) attraverso un piano di manutenzione dell'opera come previsto dal Codice². Al fine di raggiungere gli obiettivi di qualità e sostenibilità, il progetto dovrebbe essere redatto sulla base di un'analisi che tenga conto delle esigenze e dei requisiti di carattere funzionale, ambientale ed economico in ottica *Life Cycle Thinking* (Thiébat, 2019). Sarebbe inoltre desiderabile che la Pubblica Amministrazione, o chi per essa ha la responsabilità della gestione dell'immobile, con l'approvazione del progetto esecutivo si impegnasse a sostenere i costi per la manutenzione nell'intero ciclo di vita dell'opera oggetto dell'appalto, per l'aggiornamento periodico del piano di manutenzione e per le opere di smaltimento a fine vita (Buonomo, 2018). Il progetto esecutivo rappresenta il momento della progettazione in cui è possibile determinare in modo puntuale le quantità di

environmental impact of products and services (buildings and design services included)¹ along their life cycle. Concerning public buildings, the Italian Ministry of the environment adopted special clauses for enhancing efficient use of resources and reduction of consumption: the "Criteri Ambientali Minimi per edilizia" (D.M. 11/10/2017), the national GPP rules for the building sector in this paper referred as CAM. CAM set environmental characteristics and performances above standard practice, assessed along the whole life cycle, to reduce the environmental impact of new construction, building renovation and maintenance works. Environmental criteria integrate usual tender specifications (ANAC, 2018).

Project focus on building quality and environmental sustainability
Among the architect's tasks lays the integration of design requirements in the early stages of concept design, anticipating a draft of what will be then thoroughly quantified and calculated in detailed design. The detailed design represents the part of the design process in which the inputs from the early design phases (concept and developed design) cross with later stages as construction, hand-over and close-out, in use and end of life phases. The information in detailed design allow to reduce the environmental impact, to guarantee aesthetic and architectural quality and, at the same time, to satisfy needs of usability, functionality and safety, required by occupiers who will use the building, as described in figure 1. Thus, the detailed design should also include a



materiali ed energia necessarie alla realizzazione e al funzionamento dell'edificio. È dunque la fase in cui è possibile condurre le valutazioni, sia energetico-ambientali sia economiche, sull'intero ciclo di vita. La disponibilità di informazioni dettagliate permette infatti di applicare strumenti di progettazione ambientale e di ottenere le certificazioni ambientali alla scala di edificio (es. *rating system*)³. Tuttavia, gli obiettivi della progettazione ambientale non sempre sono raggiungibili a causa della poca integrazione di strumenti e competenze e, allo stesso tempo, a causa dell'eccessiva frammentarietà del quadro legislativo e al conseguente scarso interesse per una visione sistemica del progetto da parte degli stessi committenti e progettisti.

Il progetto, e in particolare il livello esecutivo, rappresenta lo strumento con il quale la PA può controllare preventivamente, e progressivamente, se quanto verrà realizzato corrisponde tecnicamente, ambientalmente ed economicamente alle proprie aspettative (Buonomo, 2018).

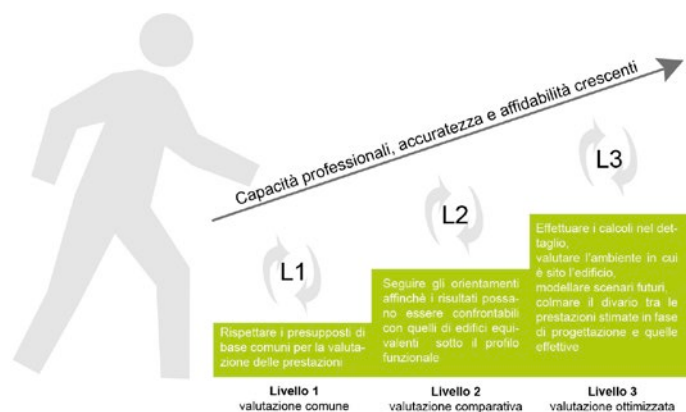
I requisiti ambientali per il progetto: Level(s) e CAM

L'analisi proposta individua le corrispondenze tra i Macroobiettivi Level(s) e i criteri dei CAM edilizia. Scopo dell'analisi è capire la differenza tra lo strumento europeo e quello nazionale e individuare le implicazioni

maintenance plan, as required by the national code for public tenders², to foresee the necessary activities to be planned and carried out by the final user (the client, the occupier or the building manager). To the purpose of fulfilling objectives of quality and sustainability, the design should be developed on the base of functional, environmental and economic needs and requirements, considered in the framework of the Life Cycle Thinking (Thiébat, 2019). Moreover, it is desirable that a Public Authority, – or who is appointed to manage the building – by the approval of the detailed design, committed to cover maintenance costs along the whole building life cycle, to periodically update the maintenance plan and to take care of end of life phases of the building (Buonomo, 2018). Detailed design represents the step in

which the precise amount of material and energy needed to make and run the building is determined. It is the phase to perform energy, environmental and economic assessments on the whole building lifecycle. The availability of detailed information allows the use of environmental design tools and to obtain building certifications (as by the application of rating systems)³. However, the objectives of the environmental design cannot always be met because of the scarce integration of tools and competences and, at the same time, of the extreme fragmentation of the regulatory framework and consequent scarce interest for a systemic understanding of the project by the same clients and designers. Nevertheless, specifically detailed design represents a powerful tool for the public administration, to control, prior and in progress, wheth-

Level(s) framework presents three levels of analysis different for quality and representativeness of data and complexity of the methodologies (the image has been elaborated from the image on page 16 of Dodd *et al.*, 2017)



per il progetto esecutivo, considerando che non si tratta di due strumenti equivalenti avendo Level(s) un approccio analitico e metodologico e i CAM edilizia un approccio prescrittivo.

Il quadro Level(s) è organizzato in sei Macro-obiettivi che individuano le priorità di analisi della sostenibilità del costruito (parti 1-6) e uno strumento di valutazione generale del ciclo di vita dalla culla alla culla (parte 7) (Dodd *et al.*, 2017). Level(s) è caratterizzato infatti da tre livelli di applicazione (Fig. 2): il Livello 1, relativo alla fase progettuale, propone un metodo per la valutazione delle prestazioni degli edifici comune in tutta Europa; il Livello 2, più idoneo alla fase di controllo, consente di confrontare le prestazioni di edifici equivalenti sotto il profilo funzionale; il Livello 3 prevede una valutazione approfondita di ciascun indicatore per ottimizzare le prestazioni lungo tutto il ciclo di vita e può essere applicato in fase di pianificazione.

Level(s) si pone come strumento di analisi comune a livello europeo e prevede che siano gli Stati Membri e gli attori del processo edilizio a definire gli obiettivi di sostenibilità e i benchmark appropriati per il contesto di riferimento. Lo strumento indica le normative, metodologie di calcolo, riferimenti ai principali database e software a supporto delle analisi.

Per la fase di test europea del quadro sono stati individuati alcuni indicatori minimi di reporting⁴, da un lato per limitare la complessità delle valutazioni, dall'altro perché il quadro ha valore per una applicazione, se non complessiva, almeno in una pluralità di macro-obiettivi.

I CAM edilizia sono strutturati in una serie di criteri prescrittivi, più stringenti rispetto agli standard di legge. I criteri delle parti 2.3, 2.4, 2.5 (specifiche tecniche) e le clausole contrattuali (2.7) devono fare parte della documentazione di gara, in particolare

er the building will correspond to the public technical, environmental and economical expectations (Buonomo, 2018).

Environmental requirements for the project: Level(s) and CAM

The proposed analysis compares Level(s) Macro-objectives and CAM. The objective is highlighting differences between the European policy piece and the national one and related implications for the detailed design, considering that the two policy pieces are not directly comparable, being Level(s) based on an analytic and methodological approach, whereas CAM have a specification-based approach.

Level(s) is arranged into six Macro-objectives that define priorities for the analysis of sustainability of buildings (parts 1 to 6) and a general methodology for the assessment of the build-

ing life cycle, from cradle to cradle (part 7) (Dodd *et al.*, 2017). Level(s) is characterized by three levels of application (Fig. 2): Level 1, related to the design phase, proposes a European common method for assessing building performances; Level 2, useful for control phase, allows the comparison among building hosting similar functions; Level 3 includes an in-depth assessment of each indicator to optimize performances along the whole life cycle and can be applied at planning phase.

As Level(s) is designed as a common European methodology of analysis, Member States and the main stakeholders of the building process are supposed to use it in relation to sustainability objectives and benchmarks set at local level. The framework indicates norms, calculation methodologies, databases and software to support

le specifiche tecniche dell'edificio, dei componenti edilizi e del cantiere vanno inserite nelle voci del capitolato speciale d'appalto. I criteri premianti invece (parte 2.6) non sono obbligatori ma possono essere utilizzati come criteri di aggiudicazione per valorizzare gli aspetti ambientali.

I CAM edilizia inoltre prevedono che qualora il progetto sia sottoposto a una certificazione mediante un protocollo per la sostenibilità, in caso di corrispondenza tra i requisiti si possano omettere le verifiche richieste per molti degli indicatori, facilitandone l'applicabilità.

Il confronto tra i Macro-obiettivi Level(s) e i Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia

l'attenzione sul livello 1 - L1 (valutazione in fase di progetto) e identificando i CAM corrispondenti agli indicatori⁵. Lo scopo di tale studio è quello di mettere in evidenza la corrispondenza dei requisiti e delle normative di riferimento a disposizione dei progettisti per svolgere le valutazioni richieste. La figura 3 riassume i risultati del confronto secondo i Macro-obiettivi descritti in seguito.

Data l'eterogeneità dei due documenti, l'analisi presentata adotta la struttura dei macro-obiettivi Level(s) come matrice di riferimento, focalizzando

the calculations, whereas objectives and benchmarks are defined by stakeholders.

To the purpose of the European testing phase, some minimum reporting indicators are selected⁴, on the one hand to reduce the complexity of the assessment, on the one other to demonstrate that the framework is valuable in its full application, or at least for a plurality of macro-objectives.

CAM are arranged in a series of specifications, that improve minimum performance requirements of the Italian in-force laws on the different subjects. Some criteria shall be included in the tender dossier: parts 2.3, 2.4, 2.5 (technical specifications) and implementation conditions (2.7). Specifically, criteria related to the building as a whole, its components and the site should be included in the tender specifications. Awarding criteria (part 2.6) are not

mandatory but can be used as selection criteria to enhance environmental commitment of clients.

CAM foresee that, in case the building undergoes a certification process by a sustainability rating system encompassing the same environmental requirements, corresponding analysis required by CAM can be avoided, simplifying the implementation.

Comparison between Level(s) Macro-Objectives and Minimum Environmental Criteria for building

Given the heterogeneity of the two documents, the structure of Level(s) macro-objectives is taken as reference matrix for the analysis, focusing on Level 1- L1 (common performance assessment) and identifying CAM correspondent to indicators⁵. The objective of the study is highlighting the correspondence between requirements

Level(s) – Livello 1 (versione Beta v1.0, Agosto 2017)		CAM edilizia (G.U. 6 Novembre 2017)	
INDICATORI/SCENARI	Metodologie e norme di riferimento (Livello 1)	CRITERI	Metodologie e norme di riferimento
Macro-obiettivo 1: emissioni di gas serra lungo il ciclo di vita di un edificio			
1.1 Prestazioni energetiche nella fase di utilizzo (indicatore di supporto)	Norme CEN per direttiva 2010/31/UE applicate secondo leggi e norme nazionali	2.3.1 Diagnosi energetica (per i casi previsti richiesta di diagnosi energetica e APE)	Decreto legislativo 192/2005 allegato A Diagnosi energetica secondo UNI CEI EN 16247, redatta da un soggetto certificato secondo UNI CEI 11339, UNI CEI 11352 APE secondo L. 90/2013 redatto secondo le norme Decreti 16/6/2015 (requisiti minimi e linee guida APE) e UNI EN TS 11300
1.1.1 Domanda di energia primaria totale	Occorre applicare i fattori di ponderazione al fabbisogno energetico calcolato dell'edificio, secondo EN 15603 o EN 52000-1	2.3.2 Prestazione energetica: prescrizione di determinati livelli di prestazione energetica con verifica ante e post operam	Decreti 16/6/2015 Prestazioni dell'involucro secondo: UNI EN ISO 13786:2008 o UNI EN 15251 Temperatura operante estiva secondo UNI 10375
1.1.2 Domanda di energia finale	Per l'involucro edilizio, utilizzare: EN ISO 13790 e EN ISO 52016 Per l'illuminazione: EN 15193 L'energia esportata viene indicata separatamente come da EN 15978 Verifiche a edificio completato: in fase di progetto è possibile stabilire obiettivi di prestazione da verificare a edificio completato (as built) attraverso prove effettuate secondo le normative di riferimento: permeabilità all'aria dell'involucro edilizio, analisi termografiche, collaudo degli impianti e delle tecnologie		
1.2 Potenziale di riscaldamento globale del ciclo di vita (dalla culla alla culla)	Analisi dell'evoluzione dell'edificio dalla culla alla culla Principio di modularità EN 15978 Calcoli GWP (kgCO ₂ eq./m ² /anno): ISO14067 Calcoli LCA: ISO 14040/44 GWP 100 anni Comunicazioni semplificate: Ciclo di vita incompleto 1: fase del prodotto (A1-3), Fase di utilizzo (B1, B5, B6) Ciclo di vita incompleto 2: fase del prodotto (A1-3), Fase di utilizzo (B6), fase di fine vita (C3-4), benefici e oneri oltre i confini del sistema, per deposito materiali edili (D) Strumenti per il carbon footprint: Carbon Footprint Ltd; CarbonScopeDataTM Monitoraggio delle prestazioni secondo ISO 14071		
Macro-obiettivo 2: cicli di vita dei materiali circolari ed efficienti nell'uso delle risorse			
2.1 Strumenti per il ciclo di vita: distinta dei materiali dell'edificio	-Computo estimativo (Bill of Quantities) -Distinta dei materiali (Bill of Materials) • Informazioni sui materiali contenuti nei prodotti edilizia ottenute dai fornitori • Uso di banche dati sul ciclo di vita per individuare la composizione di materiali di alcuni prodotti edili	2.4.1.2 Materia recuperata o riciclata 2.4.2 Criteri specifici per i componenti edilizi (tutti i criteri dal 2.4.2.1 al 2.4.2.14) 2.5.2 Materiali usati nel cantiere 2.6.4 Materiali rinnovabili 2.6.5 Distanza di approvvigionamento dei prodotti da costruzione 2.6.6 Bilancio materico	Elenco di materiali e componenti costituiti da materiale riciclato con il peso relativo rispetto al peso totale - EPD UNI EN 15804 e ISO 14025 come EPD Italy o equivalenti -certificazione rilasciata da ReMadelItaly o equivalenti -certificazione di prodotto secondo ISO 14021 -ISO/IEC 12 17020:2012 Verifica secondo criteri 2.4
2.2 Strumenti per il ciclo di vita: scenari riguardanti la vita utile, l'adattabilità e lo smantellamento dell'edificio (In funzione del livello di valutazione delle prestazioni: 1. aspetti di progettazione 2. valutazione semi-qualitativa 3. valutazione basata sulla LCA)	Scenario 1: pianificazione della vita utile dell'edificio e dei suoi elementi: • Strumenti per il calcolo della vita utile tipica: BCIS; metodi LCA e LCC; ETool (strumento LCA) • Metodo di calcolo: ISO 15686-8 • Stima da parte del costruttore dell'elemento edilizio • Stima secondo l'esperienza sul campo (es. su un portafoglio immobiliare) • EN 15978 per il calcolo dei cicli di sostituzione Scenario 2: progettazione per adattabilità e ristrutturazione: Liste di controllo degli aspetti di progettazione dell'edificio: tabella 2.2.2 (edifici per uffici) e 2.2.3 (edifici residenziali) Scenario 3: progettazione per smantellamento, riutilizzo e riciclaggio: Verifica degli aspetti di progettazione delle parti dell'edificio secondo tabella 2.2.5		
2.3 Rifiuti e materiali da costruzione e demolizione	Kg/m ² di rifiuti e materiali per m ² della superficie utile calpestabile: (I) calcolati secondo i processi di smantellamento e demolizione. - nel caso di edifici esistenti: smantellamento dell'esistente o di parti di esso, rimodellamento e costruzione in loco, smantellamento e demolizioni a fine vita	2.4.1.3 Sostanze pericolose 2.5.1 Demolizioni e rimozione dei materiali	Dichiarazione + schede di sicurezza Verifica, piano di demolizione e recupero e sottoscrizione di impegno per il trattamento dei rifiuti

	- nel caso di un nuovo edificio: secondo lo scenario 3 del 2.2 (ii) Calcolati secondo i processi di costruzione sulla base del computo estimativo e della distinta dei materiali, attraverso stime relative al modo in cui sono consegnati e agli imballaggi. Per il riuso e riciclo di rifiuti si deve fare riferimento al piano di gestione dei rifiuti del sito Strumenti: per le stime sulla massa di elementi edizi da demolire si fa riferimento a una guida della CE (2017) Orientamenti sulla verifica dei rifiuti formulati da VTT		
Macro-obiettivo 3: utilizzo efficiente delle risorse idriche			
3.1 Consumo idrico totale	Valutazione comune delle prestazioni delle apparecchiature che utilizzano acqua e agli impianti/dispositivi comuni nell'edificio, considerando i fattori di utilizzo e il tasso di occupazione. Strumenti: foglio di calcolo excel (Level(s)) per calcolare i consumi idrici: (m ³ /occupante/anno) Contestualizzazione rispetto allo stress idrico di un'area geografica attraverso: Indice di sfruttamento idrico estivo dei bacini fluviali europei: indice WEI+ (Agenzia Europea dell'ambiente 2016)	2.3.4 Risparmio idrico	Strategie di risparmio idrico a scala di edificio secondo le UNI/TS 11445 UNI EN 805
Macro-obiettivo 4: spazi salubri e confortevoli			
4.1 Qualità dell'aria interna: 4.1.1 Aria interna di buona qualità: parametri di aerazione, CO ₂ e umidità 4.1.2 Elenco degli inquinanti considerati: emissioni dei prodotti da costruzione e afflusso d'aria dall'esterno	4.1.1. Fase di progettazione: Tasso di ventilazione (EN 16978); Concentrazione di CO ₂ (EN 16978); Umidità relativa (EN 16978); Benzene e Specifiche dei filtri di immissione aria secondo (EN13799); Particolati - PM 2,5/10; Radon; Muffa metodo per il calcolo dell'umidità superficiale critica con ISO 6946 e ISO 13788) 4.1.2: COV cancerogeni (µg/m3); Coefficiente ICI; Formaldeide (µg/m3) Determinazione emissioni inquinanti indoor (28gg) secondo CEN/TS 16516; <u>Fase post completamento:</u> -Prestazione impianto ventilazione: EN 12599 allegato D -verifica degli inquinanti atmosferici: CEN/TS 16516 (opzionale) <u>Fase di occupazione:</u> -verifica presenza di muffa secondo ANFOR XPX 43-401 (Francia)	2.3.5.2 Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata 2.3.5.5 Emissioni dei materiali 2.3.5.8 Radon	Ricambi d'aria secondo UNI 10339 e UNI EN ISO 13779:2008 Ventilazione meccanica: UNI 15251:2008 Determinazione emissioni inquinanti indoor (28gg) secondo CEN/TS 16516 o UNI EN ISO 16000-9 o norme equivalenti
4.2 Tempo al di fuori dell'intervallo di comfort termico	Simulazione termica per la verifica con e senza riscaldamento e raffrescamento meccanico. % di tempo al di fuori dell'intervallo di comfort definito dalle temperature massime e minime durante le stagioni di riscaldamento e raffrescamento Allegato F della EN15251 Per valutazione post occupazione: PMV e PPD secondo EN ISO 7730 e ISO 8996, ISO 9920	2.3.5.7 Comfort termo-igrometrico	PMV e PPD, almeno i valori da classe B secondo ISO 7730:2005
Macro-obiettivo 5: adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici			
5.1 Strumenti per il ciclo di vita: scenari riguardanti le condizioni climatiche future previste	<i>Scenario 1: tutela della salute e del comfort termico dell'occupante</i> Simulazione termica dell'edificio per valutare il tempo al di fuori dell'intervallo di comfort termico previsto per il periodo 2030-2050: Metodo di calcolo e parametri dell'indicatore 4.2. Metodo di calcolo quasi stazionario o orario semplificato EN ISO 13790 Scenario di emissione di IPCC al 2030: SRES E1, e al 2050: SRES A1B		
Macro-obiettivo 6: ottimizzazione del valore e del costo del ciclo di vita			
6.1 Costi del ciclo di vita	Metodo LCC Stime dei costi (€/m ² /anno) per elemento considerando un ciclo di vita di 50 anni o a fine vita utile prevista: costi di costruzione dell'edificio, delle utenze, di manutenzione, di riparazione/sostituzione. Calcolo vita utile secondo: ISO 15686-5 e ISO 15686-8. Regolamento delegato (UE) n. 244/2012 della Commissione Europea del 15/01/2012 EN 16627 sezione 9.5 per i costi relativi ai requisiti minimi di prestazione energetica Opzioni semplificate: ciclo di vita incompleto 1: fase del prodotto (A1-3) e fase di utilizzo (B6-7) ciclo di vita incompleto 2: fase del prodotto (A1-3) e fase di utilizzo (B2-4, B6)	1.4 Criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa	Riferimento all'articolo 96 del Codice Appalti: i costi legati al ciclo di vita di un prodotto, di un servizio o di un lavoro includono i costi relativi all'acquisizione, all'utilizzo, alla manutenzione, al fine vita, alle esternalità ambientali
6.2 Creazione di valore e fattori di rischio	Per ciascun indicatore di ciascun Macro-obiettivo -Due liste di controllo: 1) valutazione delle influenze positive sulle prestazioni di mercato (incremento delle entrate e occupazione continuativa dell'immobile; riduzione dei costi operativi/manutenzione/riparazione; riduzione dei rischi futuri di aumento spese) 2) Contributo della valutazione LEVEL(s) ai criteri di valutazione utilizzati - Classificazione di affidabilità della valutazione delle prestazioni secondo l'Indice di affidabilità IRI: 1)Classificazione tecnica (rappresentatività temporale, geografica e tecnica di dati e metodi) 2)Capacità professionali di chi esegue la valutazione 3)Verifica indipendente (audit o verifica da parte di terzi)	2.6.1 Capacità tecnica dei progettisti 2.6.2 Miglioramento prestazionale del progetto 2.7.1 Varianti migliorative 2.7.4 Verifiche ispettive	Professionista certificato secondo ISO/IEC 17024 o equivalente che applica rating system Prestazioni migliori rispetto a uno o più requisiti CAM UNI CEI EN ISO/IEC 17020:2012

Macro-obiettivo 1 - Emissioni di gas serra lungo il ciclo di vita di un edificio

Il primo macro-obiettivo dello schema Level(s) valuta le emissioni totali di gas a effetto serra durante il ciclo di vita dell'edificio. È suddiviso in due indicatori: un indicatore di supporto (1.1) attinente alle prestazioni energetiche nella fase di utilizzo (energia primaria ed energia finale) e l'indicatore principale (1.2) che valuta il potenziale di riscaldamento globale nel ciclo di vita (GWP) "dalla culla alla culla" per tutte le parti e gli elementi dell'edificio. I due indicatori considerano i processi che gli edifici subiscono nel ciclo di vita e le emissioni legate a tutte le fasi dalla realizzazione all'uso.

I CAM edilizia nei criteri 2.3.1 *Diagnosi energetica* e 2.3.2 *Prestazione energetica* richiedono al progetto valutazioni allineate all'indicatore di supporto (1.1), considerando quindi solo le emissioni di anidride carbonica associate al fabbisogno energetico della fase d'uso.

Macro-obiettivo 2 - Cicli di vita dei materiali circolari ed efficienti nell'uso delle risorse

Il secondo macro-obiettivo mira a ottimizzare la progettazione dell'edificio e la scelta dei materiali per permettere flussi circolari efficaci, prolungarne la durata di vita e ridurre gli impatti ambientali. Sono forniti due strumenti: la definizione della distinta dei materiali che compongono l'edificio e la descrizione degli scenari riguardanti la vita utile, l'adattabilità e lo smantellamento dell'edificio. Tra gli scenari, è particolarmente interessante lo *Scenario 2 Progettazione per adattabilità e ristrutturazione*, che individua una lista di controllo di aspetti rilevanti del progetto dell'edificio da tenere in considerazione.

and reference norms in the two policy pieces, that designers can use to perform the required assessments. Figure 3 summarizes results according to the Macro-objectives described below.

Macro-objective 1 - Greenhouse gas emissions along a building life cycle

The first macro-objective assesses total GHG emissions along building life-cycle. It is subdivided into two indicators: a supporting indicator (1.1) about performances with operational energy (primary and final energy) and a main indicator (1.2) that assesses the global warming potential (GWP) in the building lifecycle "from cradle to cradle" for all parts and elements of a building. Both indicators consider related processes that all elements undergo during the lifecycle and the emissions related to the operational phase, from construction to use.

CAM 2.3.1 *Energy diagnosis* and 2.3.2 *Energy performance* are aligned to the supporting indicator (1.1), considering the CO₂ emissions associated to the energy demand only in the operational phase.

Macro-objective 2 - Resource efficient and circular material life cycles

The second macro-objective aims at optimizing building design and material choice to reach efficient circular fluxes of materials and products, at extending the service life and reducing environmental impact. Two tools are given: the building materials bill and the definition of three scenarios about service life, adaptability, and building dismantling. Among the scenarios the second one is quite relevant, *Scenario n. 2 - Design for adaptability and rehabilitation*, that defines a checklist of building design aspects to consider.

L'indicatore di riferimento 2.3 *Rifiuti e materiali da costruzione e demolizione*, introduce un metodo per calcolare la quantità di rifiuti e materiali prodotta in ciascuna fase del ciclo di vita dell'edificio, dalla culla alla tomba.

Analogamente, nei CAM edilizia il criterio 2.3.7 *Fine vita* richiede ai progettisti la redazione di un *piano di fine vita* in cui sia presente *l'elenco dei materiali e componenti che in fase di smantellamento dell'edificio possono essere riutilizzati o riciclati*; nella parte 2.4 *Specifiche tecniche dei componenti edilizi*, i criteri inducono a ragionare sul ciclo di vita di componenti e materiali. In particolare: i criteri 2.4.1, comuni a tutti i componenti, (*Disassemblabilità, Materia recuperata o riciclata e Sostanze pericolose*) richiedono di indicare l'elenco dei materiali con la percentuale in peso, rispetto al peso totale dei componenti dell'edificio, che verifica il rispettivo criterio; i *Criteri specifici per i componenti edilizi* (parte 2.4.2) invece prescrivono prestazioni dettagliate per ciascun componente o materiale. Il tema del ciclo di vita dei materiali è inoltre trattato nella parte 2.5 *Specifiche tecniche per il cantiere*. Nei CAM l'impatto ambientale dei materiali (produzione e fine vita) è trattato anche nei criteri premianti opzionali 2.6, attraverso tre criteri *Materiali rinnovabili, Distanza di approvvigionamento dei prodotti da costruzione, e Bilancio materico*.

Macro-obiettivo 3 - Utilizzo efficiente delle risorse idriche

Il terzo macro-obiettivo mira a contestualizzare il consumo di acqua rispetto al fattore di stress idrico stagionale o continuo caratteristico dell'area di riferimento per un uso efficiente della risorsa. L'indicatore stima o misura i metri cubi di acqua consumata dagli impianti e dagli apparecchi dell'edificio in funzione dei tassi di consumo e dei fattori di utilizzo.

The reference indicator, 2.3 *Construction and demolition waste and materials*, presents the methodology to calculate the amount of material and waste produced in each phase of the building life cycle, from cradle to grave.

Equally in CAM, the criteria 2.3.7 *End of life* asks designers to define an end of life plan, including the list of recyclable and reusable materials and components at building dismantling phase; in part 2.4 about building components' technical specifications, criteria focus on material and components life cycle. Specifically, criteria 2.4.1 (*Disassembling, recycled or recovered material, hazardous substances*), common for all components, asks to indicate the percentage of weight over the total building weight, that verifies that specific criteria; *Specific criteria for building components* (part 2.4.2) define detailed performances for each component or material.

Part 2.5 *Technical specifications for the building site* also deals with material life cycle, as well as the environmental impact is dealt with in the three optional awarding criteria of part 2.6: *Renewable materials, Distance of supply of construction products and Material balance*.

Macro-objective 3 - Efficient use of water resources

To enhance an efficient use of the water resource, the third macro-objective relates water consumption to the characteristics of the water reservoir by the use of a seasonal or continuous hydric stress index, typical for the geographical area of reference. The indicator estimates or measures the total cubic meter of water consumed by building services and equipment as a function of consumption rates and use factors. CAM's Criteria 2.3.4 *Water saving pro-*

Il criterio 2.3.4 *Risparmio idrico* dei CAM edilizia propone l'individuazione di soluzioni progettuali da applicare a scala di edificio per la riduzione dei consumi di acqua potabile, non trattando il concetto di stress idrico.

Macro-obiettivo 4 - Spazi salubri e confortevoli

Il comfort degli spazi interni è analizzato sotto il profilo della qualità dell'aria interna e del comfort termico. La qualità dell'aria (4.1) è valutata con due indicatori compositi basati su diversi parametri: l'indicatore 4.1.1 misura i parametri di aerazione, la presenza di CO₂ e l'umidità; il 4.1.2 misura le emissioni dei prodotti da costruzione e l'afflusso dell'aria esterna. L'indicatore 4.2 misura la percentuale di tempo al di fuori dell'intervallo di comfort per gli occupanti durante le stagioni di riscaldamento e raffrescamento. A conferma delle valutazioni svolte nella fase progettuale esecutiva, le stesse devono essere verificate al completamento e nelle fasi di occupazione.

I CAM edilizia affrontano il tema della qualità dell'aria nei criteri 2.3.5.2 *Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata*, 2.3.5.5 *Emissioni dei Materiali*, 2.3.5.8 *Radon*; il tema del comfort è valutato nel criterio 2.3.5.7 *Comfort termo-igrometrico*. Per ciascun criterio sono indicati i valori limite di riferimento come previsti dalle specifiche normative.

Gli indicatori relativi a illuminazione, comfort visivo e acustica, inclusi tra gli aspetti futuri del macro-obiettivo 4, sono invece considerati dai CAM edilizia nei criteri 2.3.5.1 *Illuminazione naturale* e 2.3.5.6 *Comfort acustico*. Level(s) L1 inoltre non considera l'inquinamento da onde elettromagnetiche indoor invece valutato nei CAM edilizia.

poses to identify design solutions to be applied at building scale for potable water consumption reduction.

Macro-objective 4 - Healthy and comfortable spaces

Indoor comfort is analyzed as indoor air quality and thermal comfort. Air quality (4.1) is calculated with two composite indicators based on different parameters: indicator 4.1.1 calculates indoor air conditions by ventilation parameters, CO₂ concentration and humidity; 4.1.2 targets air pollutants for source control. The indicator 4.2 measures the percentage of time out of thermal comfort range for building occupants during heating and cooling season. Interestingly, assessment shall be simulated during execution phase, but shall be verified once construction is completed and during in-use phase.

CAM analyse indoor air quality in criteria 2.3.5.2 *Natural ventilation and controlled Mechanical ventilation*, 2.3.5.5 *Materials' emissions*, 2.3.5.8 *Radon*; comfort is analysed in criteria 2.3.5.7 *Thermal-hygric comfort*. For each criteria reference boundary values are given as foreseen by dedicated norms.

Indicators related to indoor lighting, visual comfort and acoustic comfort, just drafted in Level(s) L1, are instead regulated in CAM by criteria 2.3.5.2 *Natural lighting* and 2.3.5.6 *Acoustic comfort*. Moreover, Level(s) L1 does not consider indoor electromagnetic wave pollution that is instead considered in CAMs.

Macro-objective 5 - Adaptation and resilience to climate change

The fifth macro-objective aims at assessing building performances in a

Macro-obiettivo 5 - Adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici

Il quinto macro-obiettivo mira a valutare le prestazioni dell'edificio in uno scenario caratterizzato dalle condizioni climatiche al 2030 e al 2050. In particolare, viene utilizzato l'indicatore 4.2, *Percentuale di tempo al di fuori del livello di comfort nelle stagioni di riscaldamento e raffrescamento*, contestualizzandolo in uno scenario climatico di medio e lungo termine. Per un potenziale sviluppo futuro del quadro Level(s) si prevede l'introduzione di una valutazione del rischio legato a eventi atmosferici estremi e fenomeni alluvionali.

La valutazione proposta, che non ha corrispondenza nei CAM edilizia, propone una metodologia innovativa per valutare gli impatti del cambiamento climatico sul comfort indoor e la salute degli utenti.

Macro-obiettivo 6 - Ottimizzazione e valore del ciclo di vita

Il sesto macro-obiettivo, trasversale al quadro Level(s), valuta il costo dell'edificio in ciascuna fase del ciclo di vita (6.1) e la potenziale valorizzazione dell'edificio risultante dall'ottimizzazione delle prestazioni ambientali (6.2). In particolare quest'ultimo indicatore include: una valutazione qualitativa attraverso due liste di controllo per le influenze positive sul valore dell'immobile e sul contributo dei criteri Level(s) ad altri criteri di valutazione utilizzati (ad es. nazionali); una valutazione semi-quantitativa della rappresentatività tecnica, delle capacità professionali dei soggetti che hanno effettuato le analisi e della verifica indipendente degli indicatori, attraverso l'*indice di rappresentatività dell'indicatore* (IRI).

scenario characterized by climatic conditions at 2030 and 2050. Specifically, the same assessment carried on for indicator 4.2 *Percentage of time out of comfort range in heating and cooling season* it is here used for the medium-term and long-term scenarios. For a next potential development of Level(s) framework, a proposal for the assessment of risk linked to extreme weather events and flooding is planned.

CAM do not show any correspondence to this indicator, that instead anticipates climate change effects on indoor comfort and occupiers' health in an innovative way.

Macro-objective 6 - Optimised life cycle cost and value

The sixth macro-objective, crossing the whole Level(s) framework, assesses building cost in each phase of the life cycle (6.1) and the increase of building

value by optimization of environmental performances (6.2). Specifically, this second indicator includes: a qualitative assessment by two checklists, one for the benefits on property value and one for accounting Level(s) contribution to other assessment criteria used (e.g. national ones); an almost-quantitative assessment by the use of the *index of representativeness of the indicator* (IRI), to consider the technical representativeness, the assessors' competence and the independent (third party) verification of indicators.

To award the quality of projects participating in a tender, CAM present the criterion of the economically most favourable price (1.4) following a cost/effectiveness comparison method based on life cycle cost, according to article 96 of the national code for public tenders (Codice Appalti). This criterion is often just partially applied (without

Per dare maggiore importanza alle qualità dei progetti che rispondono alla gara, i CAM edilizia introducono il tema nel Criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa (criterio 1.4) seguendo un metodo di comparazione costo/efficacia basato sul costo nel ciclo di vita secondo l'articolo 96 del Codice degli Appalti. Tale criterio è spesso applicato in forma parziale (non tiene conto dell'intero ciclo di vita ma del solo investimento iniziale) in quanto non vi è chiarezza nei metodi e nelle norme di riferimento.

Rispetto al tema delle competenze tecniche di chi effettua le valutazioni e sulle verifiche di terza parte, i CAM edilizia corrispondenti sono solo facoltativi. In particolare, tra i criteri premianti vi sono il 2.6.1 *Capacità tecnica dei progettisti*, che premia le competenze certificate nell'ambito della sostenibilità edilizia dei membri del gruppo di progettazione e il 2.6.2 *Miglioramento prestazionale del progetto* che premia il raggiungimento di prestazioni superiori a quelle previste nei CAM. Tra le clausole contrattuali (2.7): i criteri relativi alle *Varianti migliorative* e alle *Verifiche Ispettive* che sono assimilabili alla verifica della rappresentatività tecnica previsto dal quadro Level(s).

Criticità e punti di forza degli strumenti

la valutazione della sostenibilità dell'edificio nell'intero ciclo di vita. Analizzando la Fig. 3 si nota, da una parte, che i requisiti dei CAM trovano corrispondenza tra gli indicatori Level(s), ma, dall'altra, che il quadro Level(s) richiede un'analisi completa, che inoltre ruota attorno all'applicazione del metodo LCA e LCC a scala di edificio non presente nei CAM. La natura opzionale dei

considering life cycle) because reference norms and methods are not clear. CAM related to the competences of assessors and of professionals taking care of third part verification, are considered optional. Specifically, among awarding criteria there are the 2.6.1 *Designers technical competence*, that considers certified skills of team members on building sustainability and 2.6.2 *Better performances at design stage* that awards exceeding performances from minimum CAM benchmarks. Among *Implementation conditions (2.7)*: criteria related to *Modifications to enhance the project* and *Audit* have the same scope of Level(s)'s indicator 6.2 on technical representativeness.

Strengths and weaknesses of the policy pieces

Both Level(s) and CAM aim at supporting the design phase and intro-

Sia Level(s) sia i CAM edilizia sono strumenti pensati per supportare il progetto e facilitare

la valutazione della sostenibilità dell'edificio nell'intero ciclo di vita. Analizzando la Fig. 3 si nota, da una parte, che i requisiti dei CAM trovano corrispondenza tra gli indicatori Level(s), ma, dall'altra, che il quadro Level(s) richiede un'analisi completa, che inoltre ruota attorno all'applicazione del metodo LCA e LCC a scala di edificio non presente nei CAM. La natura opzionale dei

ducing the building sustainability assessment along a whole building life cycle. However, as by figure 3, even if almost all Level(s) indicators have corresponding CAM, they require a more comprehensive analysis, that is also focused on the application of LCA and LCC methodology not requested by CAM. Moreover, because the optional CAM are not often included in tenders, a systemic approach to the design phase is not required and the achievement of sustainable objectives along the building life-cycle is not completely verified. Figure 4 highlights information, competences and data needed to implement Level(s) LI indicators into detailed design.

In the perspective of improving the national environmental policy to enhance building sustainability, the integration of Level(s) indicators, or at

criteri premianti CAM, spesso non richiesti in fase d'appalto, non favorisce una visione sistemica del progetto e non da garanzia di raggiungimento di obiettivi di sostenibilità in un'ottica integrale, in termini di edificio e ciclo di vita.

La figura 4, mette in evidenza informazioni, competenze e dati necessari ad integrare il progetto esecutivo con le analisi previste dal quadro europeo per il Livello 1.

In un'ottica di policy nazionale per favorire la sostenibilità in edilizia, sarà importante tendere ad un'integrazione tra il quadro europeo Level(s) e i CAM edilizia. Il quadro normativo sugli aspetti ambientali dell'edilizia è già aggiornato, ma sarà necessario fare altrettanto con il quadro regolamentale e gli strumenti a disposizione dei progettisti. È evidente che un tale allineamento dello strumento nazionale presuppone un aggiornamento delle competenze sia dei professionisti che svolgeranno le analisi tecniche, sia delle stazioni appaltanti incaricate di definire gli obiettivi e valutare i progetti presentati. Sarà inoltre necessario da un lato, adeguare l'infrastruttura di dati e di strumenti (ad es. per le analisi LCA e LCC: le banche dati di riferimento, i software) che siano rappresentativi del contesto nazionale; dall'altro, adeguare gli strumenti digitali richiesti per il progetto (BIM) affinché possano supportare efficacemente l'integrazione degli aspetti morfologici con quelli ambientali nel progetto e l'automatizzazione delle valutazioni.

La complessità richiesta per l'applicazione completa di Level(s) o dei CAM, che in alcuni casi va oltre la fase progettuale corrente, rappresenta un punto di forza in termini scientifici, ma nell'ambito progettuale può costituire una barriera sia per le competenze specialistiche che per l'onere economico richiesti.

La possibilità per un team di progettazione o per la pubblica

least some parts, into CAM may be relevant. Currently the national framework of norms for product sustainability is up-to-date and the one dedicated to buildings has been improved a lot, however mandatory requirements and tools for designers need to be upgraded too. Clearly, if CAM were to be aligned to the European framework, the update of competences and skills of designers, called to carry on technical analysis, and of officers, called to define tenders' objectives and to assess and award bids, is needed. Similar considerations are proper of databases and tools: on the one hand, adequate infrastructures of data and tools (e.g. for LCA and LCC: reference building materials databases, reliable software), representative of the national context and market should be developed; on the one other, digital design tools (as BIM) should be adjusted to effectively

supporting the integration of morphological and environmental design aspects and the automatization of evaluations.

The complexity required to the overall application of Level(s) indicators or CAM criteria, that sometime overcome the boundaries of the design phase, represents a strength in scientific terms, but it may represent a barrier for the design phase either for specific competences needed or for economical surcharge.

The opportunity for a design team or for public administration to have a full need/requirements framework to follow, to progressively reach sustainability objectives and to quantify environmental impact by performance indicators in detailed design, or by in situ monitoring during construction and in-use phases, it is relevant for the design process because environmental

Level(s): Macro-obiettivi e indicatori	Implicazioni per il progetto esecutivo
Macro-obiettivo 1: emissioni di gas serra lungo il ciclo di vita di un edificio	
1.1 Prestazioni energetiche nella fase di utilizzo 1.1.1 Domanda di energia primaria totale 1.1.2 Domanda di energia finale	L'analisi è in linea con quanto normalmente viene richiesto a livello nazionale
1.2 Potenziale di riscaldamento globale del ciclo di vita (dalla culla alla culla)	Sono necessarie competenze sul metodo LCA. La guida prevede delle semplificazioni nell'applicazione del metodo LCA per i non esperti
Macro-obiettivo 2: cicli di vita dei materiali circolari ed efficienti nell'uso delle risorse	
2.1 Strumenti per il ciclo di vita: distinta dei materiali dell'edificio	È necessario ottenere informazioni approfondite sui materiali o conoscere come sono composte le banche dati dei prodotti edili per estrapolare le informazioni corrette
2.2 Strumenti per il ciclo di vita: scenari riguardanti la vita utile, l'adattabilità e lo smantellamento dell'edificio (In funzione del livello di valutazione delle prestazioni: 1. aspetti di progettazione; 2. valutazione semi-qualitativa; 3. valutazione basata sulla LCA)	Per lo Scenario 1 è utile ma non esclusiva la competenza in ambito LCA
2.3 Rifiuti e materiali da costruzione e demolizione	Non sono necessarie competenze specifiche
Macro-obiettivo 3: utilizzo efficiente delle risorse idriche	
3.1 Consumo idrico totale	Non sono necessarie competenze specifiche, i dati di progetto e quelli ottenuti dai fornitori dei dispositivi impiantistici, insieme al foglio di calcolo fornito, sono sufficienti
Macro-obiettivo 4: spazi salubri e confortevoli	
4.1 Qualità dell'aria interna: 4.1.1 Aria interna di buona qualità: parametri di aerazione, CO ₂ e umidità 4.1.2 Elenco degli inquinanti considerati: emissioni dei prodotti da costruzione e afflusso d'aria dall'esterno	I dati di progettazione, le verifiche da normativa e i dati dichiarati dai produttori dei materiali sono sufficienti per l'analisi
4.2 Tempo al di fuori dell'intervallo di comfort termico	È necessaria una simulazione termica dinamica
Macro-obiettivo 5: adattamento e resilienza ai cambiamenti climatici	
5.1 Strumenti per il ciclo di vita: scenari riguardanti le condizioni climatiche future previste	Come per il 4.2 anche in questo caso la simulazione termica dinamica è necessaria, considerando i dati climatici al 2030 e al 2050 dai database indicati
Macro-obiettivo 6: ottimizzazione del valore e del costo del ciclo di vita	
6.1 Costi del ciclo di vita	Sono necessarie competenze sul metodo LCC. La guida prevede delle semplificazioni nell'applicazione del metodo LCC per i non esperti.
6.2 Creazione di valore e fattori di rischio	Non sono necessarie competenze specifiche

objectives can properly be integrated with the morphological design.

Conclusions

The increasing complexity of detailed design to reach quality and sustainability objectives, that equally addresses clients, designers and companies, requires rethinking the design process. To the complexity of assessments required by the national and European policy pieces, and to the variety of reference norms, correspond clear barriers to the application of indicators and criteria at design phase, also due to the lack of tools, data and professional competences.

As the president of the Italian national authority to fight corruption in public matters (ANAC) stated, despite the high environmental value, «the mandatory application of CAM would block the national tendering

system and would impose high costs to their management»⁶. This statement confirms the hypothesis of the lack of clarity around norms, procedural framework and of competences to support the implementation of CAM in the national design practice. Moreover, the fact that awarding criteria are not compulsory may compromise the validity of the policy piece, as highlighted by several public and private stakeholders (ANAC, 2018).

From the point of view of the applicability to the detailed design, the integration of parameters that quantify the environmental aspects and life cycle costs it is not completely feasible yet, however it could be simplified by the use of digital tools, supported by BIM technology, introduced in the designed process by the EUPPD directive of the 15/01/2014, and in Italy adopted by the

national code for public tenders.

In conclusion, a “good” and more detailed project, based on the sustainability concept and considering the full life cycle of a building, would reduce mistakes and duration of construction phase and allow a more efficient use of buildings. At the same time, despite the increased cost of the competences involved in the design phase, it would allow to consider maintenance and end of life costs, empowering conscious design choices and, in the long term, allowing a more efficient use of environmental and economical public resources.

Author contribution

The theme has been tackled jointly by the authors. The second paragraph is attributed to F. Thiebat, the third and fourth to V. Marino and the first, fifth and sixth to both.

NOTES

¹ The life cycle approach was already introduced 1600/2002/CE and COM (2003)302.

² Art. 23, c. 8, National code for public tenders (*Codice degli Appalti*).

³ E.g. in Italy, to the purpose of building certification, UNI/PdR 13:2015 can be applied only to detailed design. Rating systems.

⁴ Minimum indicators are: 1.1, 1.2, 2.1, 2.3, 3.1, and a suggested tool: 4.1 (See Level(s) testing phase. Guidance and rules for selecting indicators).

⁵ Some CAM fall out of the analysis because are not focused on the building scale, at the center of Level(s) framework: from 1.1 to 1.3, from 2.1 to 2.2.10, all 2.7 (Implementation conditions).

⁶ https://www.edilportale.com/news/2019/02/risparmio-energetico/criteri-ambientali-minimi-anac-imporli-bloccherebbe-gli-appalti_68355_27.html.

amministrazione di seguire un quadro esigenziale più completo, per raggiungere progressivamente gli obiettivi di sostenibilità e di quantificare gli impatti attraverso indicatori prestazionali nel progetto esecutivo o attraverso le misurazioni in situ nelle fasi di cantiere e di esercizio, costituisce infatti un importante riferimento progettuale in cui l'aspetto formale può essere finalmente integrato con gli obiettivi ambientali.

Conclusioni

La complessità sempre maggiore richiesta al progetto per raggiungere gli obiettivi di qualità e sostenibilità, che interessa in egual misura la committenza, i progettisti e le imprese, implica un ripensamento del processo progettuale.

Alla complessità delle valutazioni proposte dagli strumenti Europeo e nazionale, e alla molteplicità di normative di riferimento, corrispondono evidenti barriere all'applicazione degli indicatori nel progetto, anche dovute alla lacuna di strumenti, dati e competenze professionali.

La dichiarazione del Presidente della Autorità Nazionale Anticorruzione secondo cui, nonostante l'elevato valore ambientale, «l'imposizione dei CAM bloccherebbe il sistema degli appalti nazionale e imporrebbe costi molto elevati per la gestione degli stessi»⁶ conferma l'ipotesi della mancanza di chiarezza sulla struttura normativa, procedurale e di competenze a supporto dell'applicazione dei criteri nella prassi progettuale nazionale. Inoltre, la non obbligatorietà dei criteri premianti rischia di compromettere la validità stessa dello strumento come evidenziato da diversi soggetti interessati sia pubblici che privati (ANAC, 2018).

Dal punto di vista dell'applicabilità al progetto, l'integrazione di parametri progettuali che quantificano gli aspetti ambientali e i costi nel ciclo di vita non è ancora completamente attuabile, tuttavia potrebbe essere facilitata dall'utilizzo di strumenti digitali supportati da tecnologia BIM, introdotti nel processo progettuale dalla direttiva EUPPD del 15/01/2014, recepita in Italia dal Codice Appalti.

In conclusione, una "buona" progettazione, più dettagliata, basata sui concetti di sostenibilità e che tenga in considerazione l'intero ciclo di vita, ridurrebbe gli errori e i tempi delle fasi di esecuzione e permetterebbe di ottenere un uso efficiente degli edifici. Allo stesso tempo, nonostante tale progettazione necessiti di un impegno economico maggiore, consentirebbe di quantificare i costi di manutenzione e di fine vita potenziando scelte progettuali più consapevoli e, a lungo termine, consentendo un uso più efficiente delle risorse economiche e ambientali pubbliche.

CONTRIBUTO DEGLI AUTORI

Il tema è stato affrontato congiuntamente dalle autrici. Nella stesura si attribuisce il secondo paragrafo a F. Thiebat, il terzo e il quarto a V. Marino e il primo, il quinto e il sesto ad entrambe.

NOTE

¹ L'approccio al ciclo di vita era già stato introdotto nelle politiche europee (1600/2002/CE e COM(2003)302).

² art. 23, com.8, Codice degli Appalti.

³ Ad esempio, in Italia, ai fini della certificazione di progetto la UNI/PdR 13:2015 si può applicare esclusivamente al livello progettuale esecutivo.

⁴ Gli indicatori minimi sono: 1.1, 1.2, 2.1, 2.3, 3.1, lo strumento consigliato: 4.1 (Cfr. Level(s) testing phase. Guidance and rules for selecting indicators).

⁵ Sono rimasti esclusi dall'analisi i CAM edilizia da 1.1 a 1.3, da 2.1 a 2.2.10, le Condizioni di esecuzione (2.7), perché non inerenti all'analisi della sostenibilità alla scala di edificio, oggetto del quadro Level(s).

⁶ https://www.edilportale.com/news/2019/02/risparmio-energetico/criteri-ambientali-minimi-anac-imporli-bloccherebbe-gli-appalti_68355_27.html.

REFERENCES

ANAC, (2018), *Bando-tipo n. 3 Relazione AIR*.

Buonomo, L. (2018), "L'utilità dell'ANAC prevista dal nuovo Codice degli appalti", *Il Giornale dell'Ingegnere*, n.10.

CE (2002), "Decisione n. 1600/2002/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 luglio 2002 che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente".

CE (2011), "COM (2011) 571 definitivo. Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse".

CE (2013), "Comunicazione della commissione al consiglio e al parlamento europeo: "Politica integrata dei prodotti: Sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale".

CE (2014), "COM (2014) 445 Final. Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia".

CE directorate-general JRC Directorate B – Growth and Innovation Circular Economy and Industrial Leadership (2018), "Level(s) testing phase Guidance and rules for selecting indicators".

D. Lgs 18 aprile 2016, n. 50, "Codice degli Appalti Pubblici".

Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M. and Donatello, S. (2017), *Level(s) - Un quadro di riferimento comune dell'UE per i principali indicatori in materia di sostenibilità degli edifici residenziali e a uso ufficio: Parti 1 e 2*, EUR 28899EN, CE, Lussemburgo.

Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M. and Donatello, S. (2017), *Level(s) - Un quadro di riferimento comune dell'UE per i principali indicatori in materia di sostenibilità degli edifici residenziali e a uso ufficio: Parte 3*, EUR 28898 EN, CE, Lussemburgo.

Thiebat, F. (2019), *Life Cycle Design*, Springer Nature, Cham.

Massimo Lauria, Maria Azzalin,

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

mlauria@unirc.it

maria.azzalin@unirc.it

Abstract. Il contributo affronta le numerose questioni connesse al rapporto tra progetto e manutenibilità alla luce delle opportunità offerte da Industria 4.0 poste in relazione agli avanzamenti disciplinari e allo scenario normativo internazionale e nazionale. Come per i prodotti industriali, la manutenibilità edilizia è requisito di progetto e presuppone, strumenti, procedure, capacità di programmazione. Questioni non nuove, diversi i caratteri connotanti. Oggi, la Lean Construction e le tecnologie ICT si configurano come metodologie e strumenti sinergici finalizzati a migliorare la "prevedibilità" dei progetti. Rappresentano alcuni dei capisaldi di un innovato approccio, capaci di proiettare nell'era della quarta rivoluzione il settore delle costruzioni e, ancor più, le prassi del progetto da cui discendono le scelte e le strategie di gestione del ciclo di vita e dunque i caratteri di efficienza e sostenibilità. In questo contesto, progetto e manutenibilità, trovano una loro rilettura e attualizzazione, non solo con riferimento ai propri portati operativi, ma principalmente considerando rinnovati approcci *human-centred*.

Parole chiave: Progetto; Manutenibilità; Industria 4.0; Lean Construction; Information Communication Technology.

Progetto e manutenibilità – intesa quest'ultima nella sua dimensione di *requisito di progetto* che pone in relazione le decisioni di ordine formale, funzionale, costruttivo, economico con la coerente pianificazione delle successive attività di gestione e manutenzione – sono i termini di una dicotomia percepita, forse mai quanto oggi, come immanente criticità per il settore delle costruzioni.

Già identificata negli anni novanta come anello debole del rapporto tra "costruzione e conservazione degli edifici" (D'Alessandro, 1994), i suoi effetti, non solo sono oggi avvertiti con maggiore preoccupazione dagli operatori del settore, ma configurano una questione che si manifesta in tutta la sua severità per via dei costi, inopinatamente crescenti, dovuti alla mancata manutenzione di infrastrutture, edifici e impianti.

Costi che la società civile paga sul piano prettamente economi-

Project and
maintainability in the era
of Industry 4.0

Abstract. The paper deals with the many issues related to the relationship between project and maintainability in light of the opportunities offered by Industry 4.0 referred to scientific advances and international and national regulatory context. As for industrial products, building maintainability is a design requirement and requires tools, procedures and programming skills. Not new issues, different the connoting characters. Today, Lean Construction and ICT technologies are synergetic methodologies and tools aimed at improving the "predictability" of design. They represent some of the cornerstones of an innovative approach, capable of projecting the construction sector into the era of the fourth revolution and, even more, the design practices from which descend the choices and strategies for managing the life cycle and therefore the characteristics of efficiency and sustainability. In this context, project and maintainability find

co, su quello della scadente qualità dell'immagine urbana e, purtroppo, anche in termini di vite umane.

Nel nostro Paese, come in Europa, la maggior parte del patrimonio costruito va completando il proprio naturale ciclo di vita; il suo materiale simbolo, il cemento armato, iconografia di una cultura del costruire che non ha considerato in fase di progetto di dover fare i conti con il suo degrado, e quindi con la sua cura, mostra tutte le proprie fragilità.

Nel passato, viceversa, proprio l'aver cura e la costante riparazione costituivano una strategia sostenibile, garanzia di qualità e efficienza; modalità che appaiono abbandonate non già per lasciare il campo a procedure più efficaci, moderne e innovative, quanto, piuttosto, a favore di una sostanziale rinuncia all'attuazione di una politica di governo dell'ambiente antropizzato nel suo insieme.

La reiterata incapacità di pianificare, sin dalla fase di progetto, una corretta gestione del ciclo di vita, ha dunque di fatto negato alla manutenzione il ruolo, attribuitole con lungimiranza da Molinari, di «strategia di sviluppo e riequilibrio delle conseguenze di processi di crescita troppo spesso sfuggiti a qualsiasi forma di controllo» (Molinari, 1998).

Kilbert, quasi contemporaneamente, nel corso della prima Conferenza Internazionale sulle Costruzioni Sostenibili di Ann Arbor, poneva l'attenzione sulle strette relazioni che intercorrono tra produttività e benessere, tra costi economici e costi socio-ambientali. A margine della declinazione dei sei principi per un "costruire sostenibile" – Conserve, Reuse, Renew/Reeyele, Protect Nature, Non-Toxics, Quality – evidenziava tra l'altro che «It also leads us to the use of durable materials that have long lifetimes

a re-reading and updating, not only with reference to their operational capacity, but also mainly considering renewed human-centered approaches.

Keywords: Project; Maintainability; Industry 4.0; Lean Construction; Information Communication Technology.

Project and maintainability – the latter being considered as a *project requirement* that relates formal, functional, constructive and economic decisions with the consistent planning of subsequent management and maintenance activities – are the terms of a perceived dichotomy, perhaps never more than today, as immanent criticalities for the construction sector.

Already identified in the nineties as a weak link in the relationship between "construction and conservation of

buildings" (D'Alessandro, 1994), its effects are not only felt today with greater concern by sector's operators, but they shape an issue that manifests itself, in all its severity. It is due to unexpectedly increasing costs caused by the lack of maintenance of infrastructures, buildings and equipment.

Costs that civil society pays on a strictly economic level, on that of the low quality of the urban image and, unfortunately, also in terms of human lives. In our country, as in Europe, most of the built heritage is rounding off its natural life cycle; its symbolic material, the reinforced concrete, iconographic material of a build culture that having not considered in the planning phase to have to deal with its degradation, and therefore with its care, shows all its fragility.

In the past, vice versa, just the having care and the constant repair set up a

and require low maintenance» definendo corrispondenze esplicite tra gli aspetti attuativi e le scelte progettuali dalle quali discende l'ottimizzazione della successiva fase di gestione (Kilbert, 1994). Circa venti anni prima, un'inchiesta sui problemi economici derivanti dalla gestione dei patrimoni immobiliari in alcuni paesi europei, faceva emergere con forza la significativa incidenza dei costi di esercizio e gestione rispetto ai costi totali nel ciclo di vita; voci di costo strategiche per l'economia e la competitività di una nazione; non più trascurabili in fase di programmazione di un intervento edilizio (Cee, 1976).

Dati e indicazioni ribadite e attualizzate di recente, con analogha preoccupazione, dagli analisti del World Economic Forum che, nell'ambito di una più generale riflessione sulla produttività del settore, confermano come i principali costi del ciclo di vita siano 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 operativa (World Economic Forum, 2016).

Contestualmente allo studio della Cee richiamato, la genesi e la successiva diffusione della disciplina della Terotecnologia nel suo significato di «combination of management, financial, engineering, and other practices applied to buildings and structures in pursuit of economic life cycle costs» segna da quel momento l'affermazione dei principi che saranno poi posti alla base della moderna concezione della manutenibilità nella sua applicazione al settore edile (Department of Industry, 1978).

Da allora la letteratura scientifica e i provvedimenti normativi hanno spesso abbinato all'agire progettuale i termini "costi", "efficienza", "manutenibilità", "sostenibilità".

sustainable strategy, a guarantee of quality and efficiency. Modalities that appear to have been abandoned not to work to more effective procedures' advantage, modern and innovative, but, rather, in favor of a substantial abdication of carrying out a policy of governing the entropized environment as a whole.

The repeated inability to plan, right from the project phase, a correct management of the life cycle, has therefore in fact denied maintenance the role, attributed to it, with foresight by Molinari, of «strategy of development and rebalancing of the consequences of too much growth processes often escaped out of any form of control» (Molinari, 1998).

Kilbert, almost at the same time, during the first International Conference on Sustainable Constructions of Ann Arbor, focused attention on the close

relationships between productivity and well-being, between economic costs and socio-environmental costs. Furthermore, the declination of the six principles for a "sustainable building" – Conserve, Reuse, Renew / Reeyele, Protect Nature, Non-Toxics, Quality – highlighted that «It leads to long lifetimes and require low maintenance» defining explicit correspondences between the feasible aspects and the design choices from which the optimization of the subsequent management phase derives (Kilbert, 1994).

About twenty years before, a survey on the economic problems deriving from the management of real estate assets in some European countries strongly revealed the significant incidence of operating and management costs compared to the total costs in the life cycle. Strategic cost items for a nation's economy and competitiveness; no longer

Questi oggi, unitamente al loro portato teorico-attuativo, costituiscono i principali *pillars* della serie ISO 15686 *Buildings and constructed assets - Service life planning*. Finalizzata a definire e mettere a sistema metodologie e strumenti per garantire durante il ciclo di vita dell'edificio la più efficiente combinazione di costi di investimento, manutenzione e gestione, la serie introduce la stima della vita utile in fase di progetto (ISO 15686, Parte 2), quella dei costi, LCC (ISO15686, Parte 5) e degli impatti ambientali nel ciclo di vita (ISO 15686, Parte 6). Propone inoltre modalità e strumenti per la gestione dei dati, in termini di raccolta e strutturazione (ISO 15686, Parte 7) nonché di trasferimento e comunicazione (ISO 15686, Parte 4). «When the Service life of the building and its parts are estimated, maintenance planning and value engineering techniques can be applied. Reliability and flexibility of use can be increased and the likelihood of obsolescence reduced» (ISO 15686 Parte 1).

A livello nazionale, già dagli anni novanta, la legge 109/1994 teorizzava che «la progettazione è informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento e di massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo». Nei successivi articoli, oltre a introdurre i requisiti d'accettazione dei materiali e dei relativi controlli, definiva regole e strumenti, quali principalmente il Piano di Manutenzione, finalizzati all'ottenimento e al mantenimento di un predeterminato livello di qualità nel tempo.

Un quadro normativo costantemente alimentato negli anni non solo dai contributi forniti dall'Ente di Unificazione Nazionale,

negligible in the planning phase of a building intervention (Cee, 1976).

Data and indications reasserted and recently updated, with similar concern, by the analysts of the World Economic Forum who, on a more general remark on the productivity of the sector, confirm that the main costs of the life cycle are largely determined by the choices carried out in the decision-making phase. With an incidence on the total of 10-50%, for those connected to the programming, design and implementation phases, which grows up to 40-80%, for those connected to the operational management phase (World Economic Forum, 2016).

Parallel with the EEC's mentioned study, the genesis and subsequent diffusion of the Terotechnology discipline in its meaning of «combination of management, financial, engineering, and other practices applied to

buildings and structures in pursuit of economic life cycle costs», marks from that moment the affirmation of some fundamental principles. These one will then be placed at the base of the modern conception of maintainability in its application to the construction sector (Department of Industry, 1978). Since then, scientific literature and regulatory measures have often combined the terms "costs", "efficiency", "maintainability" and "sustainability" with planning.

These today, together with their theoretical-operative outcome, constitute the main *pillars* of the ISO 15686's *Buildings and constructed assets - Service life planning*. Aimed at defining and systemizing methodologies and tools to guarantee the most efficient combination of investment, maintenance and management costs during the building life cycle, the series in-

attraverso la definizione di strumenti operativi e la proposizione di strategie di politica tecnica, ma anche da un ricco e articolato dibattito scientifico-culturale che riconosce alla manutenzione il ruolo di cerniera tra le scelte progettuali e la fase di gestione (Ciribini, 1979; Molinari, 1989; D'Alessandro, 1994).

Studi e teorie che hanno condotto a quei primi chiari e lapidari enunciati riferiti alla centralità del rapporto tra progetto e manutenibilità confluirono, appunto, nella Legge 109/94 e ss.mm.

Dopo aver attraversato le diverse revisioni e riforme legislative, detti enunciati oggi sono riproposti in tutta la loro importanza non solo dal nuovo codice degli appalti, D.L. 50/2016, ma anche dal D.M. dell'ottobre 2017 sui Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione.

Ma se è vero, come è vero, che la letteratura scientifica e il quadro normativo – certamente chiari negli enunciati teorici, nella formulazione delle finalità generali e nelle indicazioni delle prassi poste in relazione al ciclo di vita – orientano verso l'attuazione di una attenta politica di pianificazione dei processi gestionali e manutentivi del costruito, è altrettanto vero che tali indicazioni risultano ad oggi, e questo appare in tutta la sua evidenza, totalmente disattese (Cattaneo, 2012).

Si traggono tuttavia nuove e potenziali opportunità

Il settore delle costruzioni è infatti in cammino verso la quarta rivoluzione industriale.

Un percorso lungo il quale, attraverso le politiche attuative di Industria 4.0 e l'applicazione delle relative Tecnologie Abilitanti, si stanno attivando trasformazioni, talvolta lente ma sostanziali, e affermando contemporaneamente nuovi paradigmi.

introduces the service life estimation in the design phase (ISO 15686, Part 2), that of costs, LCC (ISO 15686, Part 5) and environmental impacts in the life cycle (ISO 15686, Part 6). It also proposes methods and tools for data management, in terms of collection and structuring (ISO 15686, Part 7) as well as transfer and communication (ISO 15686, Part 4). «When the service life of the building and its estimated parts, maintenance planning and value engineering techniques can be applied. Reliability and flexibility of use can be increased and the likelihood of reduced obsolescence» (ISO 15686 Part 1).

At the national level, since the 1990s, law 109/1994 declared that «design is informed, among other things, by principles of minimization of the commitment of non-renewable material resources and maximum re-use of natural resources involved in the

intervention and maximum maintainability, durability of materials and components, substitutability of the elements, compatibility of materials and easy controllability of the performance of the intervention over time». In the following articles, introducing the requirements for the acceptance of materials and related controls, it defined rules and tools, such as the Maintenance Plan, aimed at obtaining and maintaining a predetermined level of quality over time.

A regulatory framework constantly stoked up over the years not only by the contributions provided by the National Unification Agency, through the definition of operational tools and the proposition of technical policy strategies, but also by a copious and articulated scientific-cultural debate that recognizes maintenance to be a bridge between the design choices and

Reinventing Construction attraverso la svolta tecnologica è uno tra i più significativi (Mc Kinsey Global Institute, 2017). Quello in grado più di ogni altro, secondo diversi osservatori, di attivare un cambio culturale e fronteggiare il perdurare della stagnazione nella crescita economica di quest'ultimi 15 anni (CRESME, 2018). Al contempo è quello che, proprio con riferimento al rapporto tra progetto e manutenibilità, sembrerebbe poter giocare un ruolo determinante per (ri)affermarne la centralità, attuarne le metodologie operative sottese e annullare gli attuali termini di conflittualità. Tale processo di cambiamento risulta però frenato da diversi fattori endogeni al settore come la cultura conservativa, l'insufficiente innovazione di processo, la scarsa collaborazione tra gli operatori, l'inefficace circolazione delle informazioni e, soprattutto, dalla ancestrale incapacità, in fase di progettazione e di esecuzione, di far tesoro delle *learning lessons* (World Economic Forum, 2016). Tutti fattori connessi alle modalità di operare, già riconosciuti storicamente causa di arretratezza, oggi freno all'affermazione della transizione in atto.

Non appare dunque sufficiente utilizzare come accade – separatamente o sporadicamente – strumenti e metodi nuovi e innovativi, risultano necessari approcci integrati che considerino non più disgiunte innovazione di prodotto e innovazione di processo. Nuovi paradigmi e innovative modalità attuative, riferite all'intero processo edilizio, finalizzate a perseguire un miglioramento continuo attraverso l'aumento dell'efficienza nel tempo e la riduzione dei costi, accostando in termini paritetici obiettivi di sostenibilità e di produttività.

Occorrerebbe cambiare *mindset*, ovvero adottare un differente modello che, abbandonato l'individualismo, consenta il passaggio a un rapporto basato sull'integrazione collaborativa.

the management phase (Ciribini, 1979; Molinari, 1989; D'Alessandro, 1994). Studies and theories that led to those first clear and lapidary statements referring to the centrality of the relationship between project and maintainability converged, in fact, in Law 109/94 and subsequent amendments.

After going through the various legislative revisions and reforms, these statements today are re-proposed in all their importance not only by the new procurement code, D.L. 50/2016, but also by the D.M. of October 2017 on the Minimum Environmental Criteria for the entrustment of design services. But if it is true, as it is true, that the scientific literature and the regulatory framework are certainly clear in the theoretical statements, in the wording of the general aims and in the indications of the practices set in relation to the life cycle. That they guide towards

the carrying out of a careful planning policy of the management and maintenance processes of the built. It is equally true that these indications are to date, and this appears in all its evidence, totally disregarded (Cattaneo, 2012).

However, there are new and potential opportunities.

The construction sector is indeed on its way to the fourth industrial revolution.

A way along which, through the policies of Industry 4.0 and the application of the relevant Enabling Technologies, transformations are being activated, sometimes slow but substantial and affirming at the same time new paradigms.

Reinventing Construction through the technological breakthrough is one of the most significant (Mc Kinsey Global Institute, 2017). The one that,

In questo senso si vanno affermando diversi orientamenti teorici e applicativi derivati da settori industriali più evoluti. Tra questi, a livello internazionale, il cosiddetto approccio *Lean*, appare non solo il più maturo rispetto al suo processo di trasferimento, ma in sinergia con l'applicazione delle ICT, *Information Communication Technology*, anche quello che sembra configurare strumenti e metodologie potenzialmente in grado di produrre importanti ricadute sul rinnovamento degli statuti progettuali (Lean Construction Institute, 2014).

Nei suoi principi generali l'approccio *Lean*, fonda le sue origini nelle strategie di sviluppo delle catene di produzione Toyota degli anni '50, finalizzate ad aumentare qualità e produttività, riducendo sprechi e costi, garantendo altresì processi più efficienti e sicuri, insieme ad un migliore soddisfacimento del cliente.

Agli inizi degli anni '90, Koskela ne ipotizzò un'applicazione al settore delle costruzioni con l'obiettivo di migliorare la "prevedibilità" dei progetti, riducendo le possibili criticità in fase di realizzazione e gestione, ponendo dunque le basi per la nascita della Lean Construction (Koskela, 1992). Definizione introdotta nel 1993 in occasione della nascita dell'International Group for Lean Construction, anticipata qualche anno prima da quella di "Lean Management" del 1990 (Womack *et al.*, 1990).

Quasi contestualmente, presso la University of California, Howell proponeva un sistema per il miglioramento dell'affidabilità dei processi realizzativi e della relativa produttività: il Last Planner System* (Ballard, 1994). I risultati della sua applicazione e il supporto economico di alcune imprese portarono di lì a poco alla creazione, nel 1997, del Lean Construction Institute.

Oggi, accanto all'ormai consolidata dimensione del "Lean Construction Management" quale metodologia avanzata di Project

Management e Value Engineering, ne sono in dinamica evoluzione principi e teorie di ordine generale, unitamente ai quali va affermandosi il concetto di *integrazione collaborativa* (Lean Construction Institute, 2014).

Diretto dunque il richiamo all'idea di interoperabilità, intesa come «capacità di un sistema o di un prodotto informatico di cooperare e di scambiare informazioni» (IEEE, 1990).

Altrettanto diretta è la sua associazione alle moderne tecnologie ICT già disponibili e ad alto valore aggiunto sul piano del portato informativo (Building Information Modeling, Realtà Aumentata, WEB semantico, IoT, Cloud Computing, Building Automation). Ancora non diffusamente utilizzate né utilmente messe a sistema tra loro, queste tuttavia, nell'interpretare gli aspetti applicativi dell'interoperabilità, promuovono inedite modalità di gestione delle informazioni e supportano un dialogo attivo tra i soggetti coinvolti chiamati a governare e valutare criticamente dati che ad oggi, nel settore delle costruzioni, hanno diversa natura, provengono da fonti disparate e risultano per nulla organizzati. In particolare l'applicazione delle metodologie di modellazione BIM, Building Information Modeling, nell'accezione introdotta dall'European Construction Industry Federation, appare la risposta più evoluta in termini strumentali nell'ambito delle Tecnologie Abilitanti codificate da Industria 4.0. «BIM is a pragmatic database-centred working, the scope of which has been considerably extended by today's ICT means to use and share hitherto unimaginable quantities of data and the crucial information about the interdependency of construction products» (ECIF, 2017).

Le metodologie BIM potranno dunque esprimere al meglio le loro potenzialità solo se opportunamente e coerentemente uti-

more than any other, according to various observers, can activate a cultural change and face the continuing stagnation in the economic growth of these last 15 years (CRESME, 2018). At the same time, it is that, just with reference to the relationship between project and maintainability would seem to be able to play a decisive role in (re) affirming its centrality, implementing the underlying operating methods and removing the current terms of conflict. However, this change process is slowed down by various endogenous factors in the sector such as conservative culture, sketchy process innovation, scant collaboration between operators, ineffective information circulation and, above all, by the ancestral inability in the design and execution phase, to learn from *learning lessons* (World Economic Forum, 2016). All factors closed related to the modalities of op-

eration, already historically recognized as cause of backwardness, today deterrent to the affirmation of the transition in progress.

Therefore, it does not appear sufficient to use as it happens – separately or sporadically – new and innovative tools and methods, integrated approaches that consider no longer separated product innovation and process innovation are becoming necessary. New paradigms and innovative implementation methods, referring to the entire building process, aimed at pursuing continuous improvement through increasing efficiency over time and reducing costs, combining sustainability and productivity objectives together.

It would be necessary to change mindset that is to adopt a different model that, abandoned individualism, allows the transition to a relationship based on collaborative integration.

In this sense, different theoretical and applicative directions derived from more advanced industrial sectors become apparent. Among these, at international level, the so-called *Lean* approach, appears not only the most mature with respect to its transfer process, but in synergy with the application of ICT, *Information Communication Technology*, even that which seems to configure tools and methodologies potentially capable to produce important effects on the renewal of the project statutes (Lean Construction Institute, 2014).

In its general principles the *Lean* approach, bases its origins in the development strategies of the Toyota production chains of the 50s, aimed at increasing quality and productivity, reducing waste and costs, also guaranteeing more efficient and safer processes, together with a best customer satisfaction.

At the beginning of the 90s, Koskela proposed its application to the construction sector with the aim of improving the "predictability" of the projects, reducing the possible critical issues in the construction and management phase, thus laying the foundations for the birth of the Lean Construction. (Koskela, 1992) Definition introduced in 1993 on the birth of the International Group for Lean Construction, anticipated a few years earlier by that of "Lean Management" in 1990 (Womack *et al.*, 1990).

Almost at the same time, at the University of California, Howell proposed a system for improving the reliability of the manufacturing processes and their productivity: the Last Planner System* (Ballard, 1994). The results of its application and the economic support of some companies soon led to the creation, in 1997, of the Lean Construction Institute.

lizzate rispetto alla loro natura – così ben espressa dalla dall'European Construction Industry Federation – di modelli che consentono la gestione, in formati aperti IFC, *Industrial Foundation Classes* (ISO 16739), di tutte le informazioni disponibili. Da quelle elaborate in fase di progetto a quelle integrate nella fase di realizzazione (*as built*), fino a quelle connesse alla fase di esercizio e di gestione.

Si rilevano tuttavia con intensità crescente atteggiamenti fideistici che tendono a confondere il *mezzo* con il *fine*. Quel che si auspica per il settore non è quindi, come parrebbe, l'attuazione di una mera politica della digitalizzazione BIM, quanto piuttosto l'affermazione di processi collaborativi integrati che mettano a sistema e in valore tutte le potenzialità degli approcci e degli strumenti descritti.

L'integrazione di Lean, ICT e BIM, in particolare, configura in questo senso un nuovo e specifico filone di ricerca dal quale emergono con chiarezza valori esponenziali di utilità connessi alla loro contestuale e sinergica applicazione (Dave *et al.*, 2013). Si tratta di studi che ne costituiscono la base di conoscenze teorico-applicative. Riguardano l'interpretazione dei diversi meccanismi di relazione e di interferenze critiche nell'ambito dei processi progettuali e realizzativi. Analisi da cui deriva la lettura della potenziale capacità di penetrazione e diffusione nel settore (Sacks *et al.*, 2010).

Poche le sperimentazioni rintracciate in letteratura. Il primo progetto in cui risulta siano stati applicati sia la Lean Construction che il BIM è stato realizzato nel 2007 in California, il *Camino Medical Centre* (<https://www.cei.com/our-work/camino-medical-center>).

Negli ultimi anni altre sperimentazioni progettuali ne hanno

Today, in addition to the well-established "Lean Construction Management" as an advanced Project Management and Value Engineering methodology, general principles and theories are evolving dynamically, together with the concept of *collaborative integration* is affirming itself too (Lean Construction Institute, 2014).

Therefore, directed the reference to the idea of *interoperability*, understood as «the ability of a computer system or product to cooperate and exchange information» (IEEE, 1990).

Equally direct is its association with modern ICT technologies already available and with high value in terms of information provision (Building Information Modeling, Augmented Reality, Semantic WEB, IoT, Cloud Computing, and Building Automation). However, they all, still not widely used nor usefully related each to another, in

interpreting the application aspects of interoperability, promote new methods of information management. Moreover, they support an active dialogue between the subjects involved called to govern and critically evaluate data that today, in the construction sector, have different nature, come from disparate sources and are not organized at all. In particular, the application of BIM, *Building Information Modeling*, in the meaning introduced by the European Construction Industry Federation, appears to be the most advanced response in instrumental terms in the field of Enabling Technologies coded by Industry 4.0. «BIM is a pragmatic database - centred working, the scope of which has been considerably extended by today's ICT means to use and share hitherto unimaginable quantities of data and crucial information on the interdependency of con-

dimostrato l'efficacia operativa per il superamento dell'anglossassone *making do*, la diffusa e dispendiosa prassi di intervenire con variazioni in corso d'opera. Diretta conseguenza di errori e/o incoerenze progettuali che implicano aggravii di costi e allungamento dei tempi di realizzazione dell'opera.

In questa direzione, un importante esempio è il *One Island East Project* in Hong Kong. Grazie all'utilizzo contestuale di Lean e BIM in quest'opera del valore di oltre 300 milioni di dollari, sono stati identificate prima della fase di cantierizzazione circa 2000 interferenze con un risparmio stimato del 15-20% del costo totale ed un significativo anticipo dei tempi di realizzazione (Eastman *et al.*, 2011).

A livello nazionale, si richiamano alcune pionieristiche esperienze presentate nel corso di RE+Build 2017. Nell'occasione il tema del Convegno, "Edilizia off-site" ha consentito di verificare non solo le opportunità date dal trasferimento "in fabbrica" di attività eseguite di norma nei cantieri, ma contemporaneamente i vantaggi in termini di efficienza, sostenibilità e qualità derivanti dall'applicazione dei principi Lean.

Tra le più significative le attività e le applicazioni di cantieri "digitali" proposte dalle imprese Wood Beton, azienda leader nell'Edilizia industriale come viene definito il settore della prefabbricazione spinta; Focchi S.p.A., società che realizza facciate continue coniugando artigianato industriale e produzione Lean e da Impresa Percassi S.p.A.

Nonostante i grandi sforzi e le esperienze condotte nella direzione della diffusione di tali approcci innovativi nelle prassi progettuali e attuative, emerge tuttavia che la loro applicazione alla pianificazione prima, e al management dopo, della fase di

struction products» (ECIF, 2017).

The BIM methodologies can therefore best express their potential only if appropriately and consistently used with respect to their nature – so well expressed by the European Construction Industry Federation – of models that allow the management, in open formats IFC, *Industrial Foundation Classes* (ISO 16739), of all available information. From those developed in the project phase to those integrated in the construction phase (*as built*), up to those connected to the in use and management phase.

However, fideistic attitudes that lean to confuse the *mean* with the aim are pointed out with increasing intensity. What is hoped for the construction sector is therefore not, as it would seem, the implementation of a mere BIM digitalization policy, but rather the affirmation of integrated col-

laborative processes that increase and implement the potentialities of the approaches and tools described.

The integration of Lean, ICT and BIM, in particular, outlines in this sense a new and specific research field, from which emerge clearly exponential utility values connected to their contextual and synergic application (Dave *et al.*, 2013).

These studies form the background of theoretical and applicative knowledge. They concern the interpretation of different relationship mechanisms and critical interferences in the design and construction processes. Analysis from which derives the reading of their potential capacity in entering and diffusion in the sector (Sacks *et al.*, 2010). Few the experiences come across the literature on the subject. The first project, in which both the Lean Construction and the BIM were applied, was carried

gestione del costruito appare ancora limitata, sia sul piano della ricerca che su quello più prettamente applicativo; come peraltro confermato dalle conclusioni dell'ultimo Rapporto SmartMarket sull'argomento (Lean Construction Institute, 2014).

Non si tratta, purtroppo, di una novità in quanto il *governo del costruito*, sconta molto più delle altre fasi processuali, criticità storiche connesse alla strutturazione e alla circolazione delle informazioni, nonché alla mancata applicazione di approcci integrati e collaborativi.

Un aspetto che il criterio evolutivo dei livelli della piramide DIKW (*Data Information Knowledge Wisdom*) ben raffigura attraverso i passaggi coerenti dai dati alle informazioni, confermando la necessità di costruire lessici condivisi (*knowledge base*) e favorire la circolazione delle conoscenze (*knowledge shared*) che, se opportunamente strutturate, potrebbero essere più efficacemente utilizzate fin dai processi decisionali, riducendo così errori, disqualità e diseconomie nelle successive fasi di realizzazione e gestione degli edifici.

A partire da queste ultime considerazioni e riconducendo la riflessione al rapporto tra progetto e manutenibilità nell'era di Industria 4.0, si aprono contemporaneamente riflessioni critiche sulle ragioni di tale limitata applicazione e nuove necessarie prospettive di ricerca, delineando altresì orientamenti per possibili approfondimenti disciplinari.

Riflessioni, prospettive e orientamenti che traggono origine, non tanto dalla auspicata – ma semplicistica nella sua versione attuale – svolta digitale, quanto piuttosto, principalmente, dalla convergenza e dalle ricadute sulla società civile dei grandi temi contemporanei che la Vision 2050 per l'industria delle costruzioni intercetta e fonda su nove indirizzi chiave: «collaborative and

fair, performance-based, human-centred, holistic and systemic, smart and connected, sustainable and affordable, safe and secure, long term, and responsive and responsible».

«The construction industry is required to quickly react and foresee the implications of introduction of new technologies as well as the introduction of innovative business models in the dynamics of the built environment» (World Economic Forum, 2018). Si tratta di sfide globali alla luce delle quali appare possibile rileggere e ricucire in altri termini il richiamato rapporto tra progetto e manutenibilità inteso, già dalla fase decisionale, nella sua essenza di ricerca di nuove alleanze e nuovi equilibri tra i principali fattori della gestione di un bene: costi, sicurezza, efficienza, sostenibilità.

La richiamata svolta digitale e le applicazioni delle relative tecnologie operative sono dunque da intendere non come strumenti isolati e risolutivi ma costituenti significative, necessarie ma non sufficienti, all'attuazione di processi collaborativi che, proprio nell'epoca in cui è massima la fiducia nella tecnologia, sono viceversa chiamati a ritornare ad una dimensione *human centred*. Una vera rivoluzione culturale – questa certamente – che posta in tale prospettiva potrebbe contribuire ad indirizzare verso una revisione sostanziale degli statuti del progetto medesimo, orientare il mercato dell'industria delle costruzioni verso nuove opportunità di crescita e, soprattutto, sembra poter promettere, attraverso rinnovati processi proattivi, più alti livelli di benessere per gli utenti finali.

out in 2007 in California, the *Camino Medical Center* (<https://www.cei.com/our-work/camino-medical-center>).

In recent years, other design experiences have demonstrated the operational effectiveness in overcoming the Anglo-Saxon *making do*, the widespread and costly practice of intervening with variations during construction phase. Direct consequence of design errors and/or inconsistencies that imply additional costs and longer execution times.

In this direction, an important example is the *One Island East Project in Hong Kong*. Thanks to the simultaneous use of Lean and BIM, in this work worth over 300 million dollars, approximately 2000 interferences have been identified before the construction site phase, with an estimated saving of 15-20% of the total cost and a significant advance of the realization times

(Eastman et al., 2011).

At national level, some pioneering experiences presented during RE + Build 2017 are recalled. On this occasion, the theme of the Conference, "Building off-site", allowed to verify not only the opportunities given by the transfer "in factory" of activities performed normally on construction sites, but at the same time the advantages in terms of efficiency, sustainability and quality deriving from the application of the Lean principles.

Among the most significant are the activities and applications of "digital" construction sites proposed by the companies Wood Beton, a leading company in industrial construction as defined in the sector of high prefabrication; Focchi S.p.A., a company that creates curtain walls combining industrial craftsmanship and Lean production and by Impresa Percassi S.p.A.

However, despite the great efforts and the experiences carried out towards the diffusion of such innovative approaches in design and construction practices, it emerges that their application before to the planning and afterwards to the management phase of building still appears limited. Both at research level rather than at the operative one; as also confirmed by the conclusions of the last SmartMarket Report on the subject (Lean Construction Institute, 2014).

Unfortunately, this is not a novelty as the *government of the built environment* suffers much more than the other procedural phases, historical criticalities connected to the structuring and circulation of information, as well as the failure in applying integrated and collaborative approaches.

An aspect that the evolutionary criterion of the levels of DIKW pyramid

(Data-Information-Knowledge-Wisdom) well depicts through the coherent passages from data to information, confirming the need to build shared lexicons (*knowledge base*) and favor the circulation of knowledge (*knowledge shared*) which, if properly structured, could be more effectively used since the decision-making processes. Thus reducing errors, disquality and diseconomies in the subsequent building construction and management phases.

Starting from these last considerations and bringing back thinking about the relationship between project and maintainability in the Industry 4.0 era, critical remarks emerge at the same time on the reasons of such limited application and new necessary perspectives of research, outlining also orientations for possible disciplinary close improvement.

REFERENCES

- Ballard, H.G. (1994), "The Last Planner", *Northern California Construction Institute, Spring Conference*, Monterey.
- Cattaneo, M. (2012), *Manutenzione, una speranza per il futuro del mondo*, Franco Angeli, Milano.
- Cee/Sous Comité de l'industrie du bâtiment (1976), *Enquête sur les problèmes économiques et techniques de l'entretien et de la modernisation des immeubles*.
- Ciribini, G. (1979), *Introduzione della tecnologia del design*, Franco Angeli, Milano.
- D'Alessandro, M. (Ed.) (1994), *Dalla manutenzione alla manutenibilità*, Franco Angeli, Milano.
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Owen, R. and Tzortzopoulos, P. (2013), *Implementing Lean in construction: Lean construction and BIM* CIRIA C725.
- Department of Industry (1978), *Terotechnology handbook*, Hmsco, Londra.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition, John Wiley & Sons Inc., USA.
- ECIF - European Construction Industry Federation (2017), "Making BIM a global success".
- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (1990), "Standard Computer Dictionary a Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries".
- ISO 16739 (2013), "IFC Industry Foundation Classes based standard".
- Kilbert, C.J. (1994), "Establishing principles and a model for sustainable construction", *Proceedings of First International Conference of CIB TG16*, Ann Arbor, Michigan, USA.
- Koskela, L. (1992), *Application of the new production philosophy to construction*, Technical Report #72, CIFE Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Lean Construction Institute (2014), *Lean Construction - Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency*, SmartMarket Report, McGraw Hill Construction.
- Mc Kinsey Global Institute (2017), "Reinventing Construction. A route to higher productivity".
- Molinari, C. (1989), *Manutenzione in edilizia. Nozioni, problemi, prospettive*, Franco Angeli, Milano.
- Molinari, C. (1998), "Introduzione", in Talamo, C. (Ed.), *La manutenzione in edilizia. Le coordinate di una nuova professione*, Maggioli, Rimini.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. and Owen, R. (2010), "The interaction of Lean and Building Information Modeling in construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 136.
- Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990), *The Machine that Changed the World: the Story of Lean Production-Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars that is Revolutionizing World Industry*, Free Press, New York.
- World Economic Forum (2018), "Infrastructure and Urban Development – Industry Vision 2050".
- World Economy Forum, Boston Consulting Group (2016), "Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology".
- XXVI Rapporto congiunturale e previsionale Cresme (2018), "Il mercato delle costruzioni 2018-2023".

Consideration, perspectives and orientations that arise, not so much from the hoped for - but simplistic in its current vision - digital turning point, but rather, mainly, from the convergence and effects on civil society of the great contemporary themes that Vision 2050 for the industry of the buildings intercepts and bases on nine key areas. «Collaborative and fair, performance-based, human-centered, holistic and systemic, smart and connected, sustainable and affordable, safe and secure, long term, and responsive and responsible».

«The construction industry is required to quickly react and foresee the implications of introduction of new technologies as well as the introduction of innovative business models in the dynamics of the built environment» (World Economic Forum, 2018). These are global challenges in the light

of which it seems possible to re-read and repair in other terms the aforementioned relationship between project and maintainability understood, right from the decision-making phase, in its essence of quest for new alliances and new balances between the main factors of managing a good: costs, safety, efficiency, sustainability.

The aforementioned digital turning point and the application of the relative operating technologies are therefore to be understood not as isolated and decisive instruments but significant constituents, necessary but not sufficient, for the implementation of collaborative processes that, just in the age in which trust in technology is at its maximum. On the other hand, they are called to return to a *human centred* dimension.

A true cultural revolution – this certainly – that placed in such a perspec-

tive could contribute to turn attention to a substantial revision of the statutes of the project, orienting the construction industry market towards new growth opportunities and, above all, seems to be able to promise, through renewed proactive processes, higher levels of wellness for end users.

Fabrizio Cumo, Adriana S. Sferra, Elisa Pennacchia,

Dipartimento PDTA, Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

fabrizio.cumo@uniroma1.it
adriana.sferra@uniroma1.it
elisa.pennacchia@uniroma1.it

Abstract. L'originalità del contributo ha messo a sistema, per un progetto esecutivo, strumentazioni digitali (diverse fra loro). La metodologia ha sviluppato aspetti di *metodo, strumenti, competenze e risultati*: coordinando strumenti (*Mc4energy*[®], *Tally*[®]), predisponendo il BIM *Execution Plan* identificati i BIM *modeler e coordinator*, gestendo le informazioni con *Overview e Detailed BIM Use Map*. Gli esiti della ricerca, finanziata nell'A.A. 2017-18 dalla “Sapienza” in sinergia con il *Piano Energetico*, vanno a vantaggio di tutta la comunità: implementando le strumentazioni digitali si producono metodi e banche dati più efficaci per il progetto e la gestione nel tempo degli interventi per l'efficienza energetico-ambientale e benessere indoor. Il cambio di paradigma avviene con industria 4.0.

Parole chiave: Progetto cantierabile; Sostenibilità; Domotica; HBIM; Facility management.

Premessa

La sostenibilità ambientale in edilizia (che in questo testo si privilegia in riferimento ad una corretta elaborazione di un progetto esecutivo realmente *cantierabile*) ma che si intende correlare *contestualmente* con altri interventi di messa a norma – richiede uno specifico ed articolato impegno nel patrimonio esistente – di particolare rilievo in Italia e in quanto realizzato in assenza di specifiche normative soprattutto ambientali – che, per essere realmente efficace, deve andare oltre il singolo edificio per interessare invece interi comparti urbani, soprattutto se di proprietà pubblica, se anche storici e destinati a servizi per la collettività.

Si riportano qui riflessioni ed esiti concreti desunti da una ricerca di Ateneo sulla riqualificazione energetico-ambientale di parte del patrimonio edilizio storico della Sapienza, verificando in particolare l'efficacia delle normative, il rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), la riduzione *quasi a zero* dei consumi energetici, l'utilizzo di fonti rinnovabili, il benessere indoor, ma

Building heritage of “Sapienza”: integrated digital tools for the executive project

Abstract. The originality of the contribution has put in system, for an executive project, digital instruments (different from each other). The methodology has developed aspects of *method, tools, skills and results*: coordinating tools (*Mc4energy*[®], *Tally*[®]), preparing the BIM *Execution Plan*, identifying the BIM *modeler and coordinator*, managing the information with *Overview and Detailed BIM Use Map*. The results of the research, financed in the A.A. 2017-18 by “Sapienza” in synergy with the *Energy Plan*, benefit the entire community: by implementing digital instruments, more effective methods and databases are produced for the project and the management over time of interventions for energy-environmental efficiency and indoor well-being. The paradigm shift takes place with industry 4.0.

Keywords: Construction project; Sustainability; Home automation; HBIM; Facility management.

soprattutto il controllo della qualità delle prestazioni offerte ed i costi gestionali della *fase di esercizio*.

L'operazione, avrà ricadute su tutto il quadrato piacentiniano in sinergia con il Piano Energetico Sapienza (de Santoli, 2016), con il *UI Green Metric World University Rankings* in corso (ai quali chi scrive sta collaborando), che prevedendo anche iniziative sulla mobilità sostenibile¹ produrrà benefici anche sul quartiere circostante.

Inoltre, si è resa (obbligata) la sinergia con il Piano Edilizio Sapienza nel rispetto dei recenti criteri del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) per l'accesso agli incentivi.

In questo particolare caso la progettazione esecutiva si è connotata per una gamma di specificità che l'hanno resa ancor più complessa per una serie di motivi che si cercherà di esporre in funzione di un contesto legislativo, normativo, tecnico, economico, sociale in rapida evoluzione e che peraltro sta facendo varare il comparto edilizio verso industria 4.0².

L'originalità del contributo consiste nell'aver messo a sistema, coordinato ed applicato una serie di strumentazioni digitali (diverse fra loro) facendole interagire fra esse e rendendole disponibili al fine di darne concreta attuazione.

A tal fine, la rigorosa organizzazione del lavoro in ambito digitale prevede la redazione del *Bim Execution Plan*:

- identificazione degli obiettivi;
- rilievo/analisi dello stato di fatto;
- definizione dei LOD;
- predisposizione del Capitolato informativo;
- identificazione del *bim coordinator* ed il *bim modeler*;
- gestione contestuale del processo di progettazione collaborativo.

Preliminary remarks

Environmental sustainability in the building sector (which in this text is favoured with reference to the correct elaboration of a truly buildable executive project) but which is intended to be correlated at the same time with other regulatory interventions – requires a specific and articulated commitment to the existing heritage – of particular importance in Italy and as it is carried out in the absence of specific regulations, especially environmental regulations – which, to be truly effective, must go beyond the single building to involve entire urban fabric, especially if they are public property, even if they are historical and intended for community services.

Here are some considerations and concrete results from a research funded by the University on the energetic-environmental requalification of part of the

historical building heritage of “Sapienza”, verifying in particular the effectiveness of the regulations, the respect of the Minimum Environmental Criteria (CAM), the reduction of energy consumption to almost zero, the use of renewable sources, indoor well-being, but above all the control of the quality of the services offered and the management costs of the operating phase.

The operation, will have an impact on the entire square of Piacentini in synergy with the *Sapienza Energy Plan* (De Santoli, 2016), with the *UI Green Metric World University Rankings* in progress (to which the authors are collaborating), which also provides initiatives on sustainable mobility¹ will also produce benefits in the surrounding area.

In addition, the synergy with the *Sapienza Building Plan* has been made (obligatory) in compliance with the recent

Approccio, metodologia e sviluppo della ricerca

Fra le specificità su richiamate, per chiarezza espositiva se ne riprendono alcune suggerite

dalla stessa *call*. In termini di metodo:

1. necessità di una puntuale conoscenza dello stato di fatto del bene edilizio che nel tempo ha subito numerose, rilevanti, incontrollabili modifiche;
2. dover gestire il rapporto, articolato e contestuale, fra committenza, impresa, fruitori (senza i quali si verificherebbero effetti controproducenti quali il *rebound effect*) e quanti poi gestiranno in seguito la fase di esercizio attraverso il *facility management*;
3. operazioni quindi molto complesse nel rilevare esigenze da soddisfare, valutare le decisioni da assumere, selezionare le tecnologie da adottare, controllare costi, tempi e esiti gestionali in termini anche di costi/benefici.

Nella ricerca, qui esposta per necessità sinteticamente, si è riusciti a documentare che la conoscenza dello stato di fatto è stata ottenuta in termini attendibili ma soprattutto operativi.

Si è dovuti partire necessariamente da una fase di accurata ed adeguata programmazione particolarmente complessa.

Primo step: acquisizione dei dati di input che proprio per la specificità del caso deve portare ad una modellazione informatica per garantire in seguito una precisa restituzione della realtà attraverso puntuali dati quali/quantitativi.

Si è ricorsi quindi a strumenti e procedure che garantissero la interoperabilità fra diverse competenze di operatori e differenti strumenti digitali, in tempo reale, per una immediata segnalazione di criticità (interferenze) evitate dalla attenzione posta al funzionamento tecnico dei modelli che connotano ogni disciplina.

criteria of the Energy Services Manager (GSE) for access to incentives.

In this particular case, the executive design has been characterized by a range of specificities which have made it even more complex for a series of reasons which will be tried to expose in function of a legislative, regulatory, technical, economic and social context in rapid evolution and which, moreover, is making the building sector launch towards *industry 4.0*².

The originality of the contribution consists in having systematized, coordinated and applied a series of digital instruments (different from each other) making them interact with each other and making them available in order to give concrete implementation. To this end, the rigorous organization of work in the digital field provides for the drafting of the Bim Execution Plan:

a. identification of goals;

b. survey/analysis of the current situation;

c. definition of the LODs;

d. preparation of the Information Specifications;

e. identification of the bim coordinator and the bim modeller;

f. contextual management of the collaborative design process.

Approach, methodology and development of the research

Among the specificities mentioned above, for clarity of presentation, we take up some suggested by the *call*.

In terms of method:

1. the need for a precise knowledge of the current state of the building that over time has undergone numerous, significant, uncontrollable changes;
2. having to manage the relationship, articulated and contextual, between customers, companies, users (with-

È chiaro che il “classico” BIM che si utilizza sul patrimonio edilizio deve avere altre connotazioni in quanto si tratta di edifici storici (Murphy *et al.*, 2013)³.

Come qualunque fase di programmazione si è resa necessaria la definizione dei LOD (*level object definition*) in funzione degli specifici obiettivi pre-determinati. (UNI 11337).

È stato poi necessario lavorare per *famiglie* nell’obiettivo di rendere omogenee e confrontabili fra esse, creando sinergie, tutta una serie di informazioni e di operazioni che richiedono da un lato la adeguata definizione dei LOD e dall’altro specifiche competenze disciplinari.

«Il committente non può non farsi carico delle ragioni dei gestori e degli utenti, non solo la maintenance (la modellazione e la gestione informativa, oltre alle logiche costruttive, impongono quelle gestionali e fruibili). La casa come servizio e non come un bene» (Ciribini, 2017).

Quindi, il committente definisce le proprie esigenze e relativi requisiti nel Capitolato Informativo (CI), documento contrattuale, includendo il modello informativo sullo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti. La risposta dei soggetti interessati avviene con la formulazione dell’Offerta per la Gestione Informativa.

Secondo step: si è passati a programmare i vari livelli di progettazione e successivamente a predisporre i documenti (in genere digitali) per le fasi di appalto e realizzazione. Sono stati tenuti in specifica considerazione una serie di aspetti: energetico, ambientali e di qualità dell’aria indoor caratterizzati da alcuni passaggi: costruzione dell’inventario, calcolo degli indicatori di prestazione; individuazione degli interventi di miglioramento della prestazione energetica e di riduzione del carico ambientale;

out which there will be counterproductive effects such as the rebound effect) and how many then manage the operation phase through facility management;

3. operations therefore very complex in detecting needs to be met, evaluate the decisions to be taken, select the technologies to be adopted, control costs, time and outcomes in terms of management and also in terms of costs / benefits.

In the research, presented here for the sake of brevity, it was possible to document that the knowledge of the current situation was obtained in reliable but above all operational terms.

It was necessary to start from a particularly complex phase of accurate and adequate planning.

First step: acquisition of input data which, due to the specificity of the case, must lead to an information

modeling to ensure a precise return of reality through precise qualitative/quantitative data.

Therefore, tools and procedures were used to guarantee interoperability between the different skills of operators and different digital tools, in real time, for immediate reporting of critical issues (*interferences*) avoided by the attention paid to the technical functioning of the models that characterize each discipline.

It is clear that the “classic” BIM that is used on the building heritage must have other connotations as these are historical buildings (Murphy *et al.*, 2013)³.

Like any programming phase, the definition of LOD (level object definition) was necessary according to the specific pre-determined objectives (see UNI 11337).

It was then necessary to work for

simulazioni del comportamento del sistema edificio-impianto (anche in termini di qualità dell'aria indoor); analisi costi-benefici (ENEA, 2019). Inoltre, per le costruzioni esistenti e la scelta dei materiali sono stati utilizzati i CAM e sono in fase di revisione alcune scelte - come sottolineano le recentissime norme tecniche - per quanto riguarda la sicurezza e prestazioni attese e la vita nominale di progetto⁴.

In questa fase - ai fini dell'elaborazione del progetto *cantierabile* - si sono esaminate in dettaglio, correlandole fra esse, tutte una serie di specificità.

In quanto a competenze: non è stato semplice coniugare le competenze di chi si occupa di aspetti edilizi, di articolati aspetti impiantistici strettamente relazionati con la oggi purtroppo ancora sottovalutata domotica che invece garantisce la piena fruizione degli spazi intesi come servizio⁵. In *edilizia 4.0* l'edificio non è ormai considerato più come un bene (patrimoniale) da possedere, quanto piuttosto in funzione dei servizi che riesce ad erogare durante il suo ciclo di vita; inoltre, individuate e correlate fra esse tali competenze si sono dovute coniugare con quelle sul BIM e quelle sul *facility management* che acquista oggi il significato di *sustainable facility management*.

Nella ricerca, si è riusciti a raggiungere risultati positivi utilizzando il *Bim Execution Plan* (BEP) consentendo così di gestire il processo di progettazione collaborativo, identificare le figure responsabili, i loro compiti, ruolo e gli oneri (ivi compresi gli stakeholders). Identificare il *bim coordinator* ed il *bim modeler* correlando, nella loro attività aspetti energetici, ambientali, impiantistici, domotici per ottimizzare costi ed interventi di manutenzione e coinvolgendo, altresì, lo stesso Ufficio Tecnico nelle operazioni di rilievo, analisi, modellazione, flusso dati. Si sono

così ridotte le incongruenze tra i diversi livelli progettuali, i tempi ed i costi, impostando infine un database per gli interventi programmati.

Attraverso la realizzazione di una mappatura del processo, si è garantito al team la conoscenza di tutte le fasi che lo compongono, identificato le informazioni da inserire nel modello e quelle da scambiare con gli altri "partecipanti" al progetto.

Si è adottato quindi un approccio su due livelli: *Overview map* (mappa generale) con tutto il processo di implementazione BIM e *Detailed BIM Use Map* (mappa di dettaglio) in cui è stata descritta ogni singola fase del processo.

*In termini di strumenti*⁶: la sperimentazione, l'utilizzo, e coordinamento di specifiche, nuove e complesse, strumentazioni digitali quali i Sistemi Informativi Georeferenziati (GIS), BIM e loro declinazioni Energy ed Heritage, che hanno consentito di approdare poi a certificazioni ambientali. Le risultanze ottenute testimoniano che l'utilizzo del BIM non è limitato alla sola fase di progettazione, ma si articola come un processo, lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio. È stato impiegato Mc4energy for Revit, un applicativo Mc4Software finalizzato al calcolo energetico degli edifici in ambiente Revit[®] di Autodesk[™] (in prova gratuita per 15 gg). Il software è certificato dal CTI per l'applicazione delle specifiche tecniche UNITS 11300 parti 1, 2, 3, 4, 5, 6, dotato di garanzia di conformità al DM 26/06/2015; consente di incrementare le informazioni relative agli aspetti energetici e di effettuare le verifiche di legge, la certificazione energetica, il calcolo delle potenze di punta estive e invernali e delle ripartizioni per i servizi di riscaldamento centralizzato (secondo la norma UNI10200) ed infine la diagnosi per l'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica dell'edificio.

"families" in order to make homogeneous and comparable between them, creating synergies, a whole series of information and operations that require on the one hand the appropriate definition of LOD and on the other hand specific disciplinary skills.

«The client cannot fail to take care of the reasons of the managers and users, not only maintenance (modelling and information management, in addition to the construction logic, impose management and user requirements). The house as a service and not as a good» (Ciribini, 2017).

Therefore, the client defines his own requirements and relative requirements in the Informative Specifications, contractual document, including the information model on the initial state of the places and of any pre-existing buildings. The response of the interested parties takes place with

the formulation of the offer for the Information Management.

Second step: it has been moved on to plan the various levels of design and then to prepare the documents (usually digital) for the phases of tendering and construction. Specific consideration was given to a series of aspects: energy, environmental and indoor air quality, characterised by a number of steps: elaboration of the inventory, calculation of performance indicators; identification of measures to improve energy performance and reduce the environmental load; simulations of the behaviour of the building-plant system (also in terms of indoor air quality); cost-benefit analysis. (ENEA, 2019). In addition, for existing buildings and the choice of materials, CAM has been used and some choices - as underlined by the very recent technical standards - regarding safety and expected per-

formance and the nominal life of the project are being reviewed⁴.

In this phase - for the purpose of the elaboration of the buildable executive project - a series of specificities have been examined in detail, correlating them with each other.

In terms of skills: it was not easy to combine the skills of those who deal with building aspects, articulated aspects of plant engineering closely related with the today unfortunately still underestimated home automation that instead ensures the full enjoyment of the spaces intended as a service⁵. In building 4.0, the building is no longer considered as a (patrimonial) asset to be possessed, but rather as a function of the services that it is able to provide during its life cycle; moreover, identified and correlated between them, these skills had to be combined with those on BIM and those on facil-

ity management that now acquires the meaning of *sustainable facility management*.

In the research, positive results were achieved by using the Bim Execution Plan (BEP), thus enabling the management of the collaborative design process, identifying responsible figures, their tasks, role and burdens (including stakeholders). Identify the bim coordinator and the bim modeler by correlating, in their activities, energy, environmental, plant engineering and home automation aspects in order to optimize costs and maintenance operations and by involving the Technical Office itself in surveying, analysis, modelling and data flow operations. In this way, inconsistencies between the different design levels, times and costs have been reduced, and a database for the planned interventions has been set up.

L'impiego di tecnologie di rilievo *laser scanner 3D* ha consentito di ottenere un livello "alto" di dettaglio di restituzione grafica, l'acquisizione contemporanea di foto a colori e nuvole di punti 3D con una notevole riduzione dei tempi e dei costi ed infine l'integrazione con sistemi diversi quali CAD, 3D e BIM. Ciò consente di importare i dati rilevati tramite laser scanner 3D e di poter elaborare, partendo dalla nuvola di punti 3D, diverse viste progettuali.

Per la valutazione degli impatti ambientali è stato utilizzato Tally® Environmental Impact Tool, un'applicazione di Autodesk® Revit® (in prova per 10 gg) lavorando su un modello progettuale in grado di definire relazioni tra elementi BIM e i materiali da costruzione presenti nel database.

In termini di originalità: la metodologia consente di porre a sistema i diversi obiettivi di intervento sul costruito e svolgere un confronto tra interventi anche di pregio; consente poi l'interoperabilità tra due software ancora oggi non dialoganti tra loro (Revit e GIS).

Inoltre, sono in fase di test due procedure per la *Life Cycle Assessment* (LCA) finalizzate alla certificazione ambientale; la prima (Tally®) e la seconda, importando da un file excel, elaborato durante la ricerca, i dati estrapolati dalle *Environmental Product Declaration* (EPD) dei materiali. Entrambe le strade al momento consentono analisi solo parziali; potranno essere validate solo quando saranno implementate le banche dati.

In termini di risultati: la ricerca ha testimoniato la validità (e la flessibilità operativa) di una metodologia che utilizza strumenti digitali: dalla programmazione degli interventi, dal rilievo al reperimento delle informazioni sull'edificio con tutte le caratteristiche economiche, geomorfologiche, costruttive, strutturali

ed impiantistiche, domotiche; rispondendo anche ad esigenze di una rinnovata domanda sociale espressa anche dagli attuali fruitori.

Questo si è potuto realizzare attraverso la redazione del BEP che definisce gli obiettivi programmatori, del rilievo e le direttive di restituzione grafica per ogni fase di progettazione (fino a quella esecutiva) monitorando ogni fase del processo edilizio fino alla gara d'appalto (lasciando peraltro del tutto immutate le operazioni di verifica e controllo da effettuarsi sulle fasi successive a queste: collaudi, *Post Occupancy Evaluation* (POE), ecc.

Un inciso, ma non di secondaria importanza: dovendo intervenire ad es. sulla messa a norma solamente ambientale, per economia di scala si sono invece create le condizioni per una messa a norma complessiva degli edifici: statica, funzionale.

Per concludere: la valutazione finale si potrà avere solo alla fine dei lavori quando sarà tecnicamente possibile svolgere una POE e il conseguente aggiornamento dati in tempo reale.

Quindi, se si comprende (e si condivide) il tutto, la subarticolazione (a fini scientifici ed operativi) è la stessa suggerita dalla *call*. Il lavoro si è incentrato sul progetto esecutivo e utilizzo corretto delle risorse/sostenibilità ambientale; va però sottolineato che un progetto realmente cantierabile deve tenere compresenti tutti gli aspetti della *call* se vuole pervenire ai risultati che la stessa *call* (giustamente) si prefigge soprattutto se si vogliono perseguire gli obiettivi fissati (almeno 3 dei 17 obiettivi dell'ONU e quelli ESG (*Environment/Social/Governance*)).

A titolo esemplificativo, l'illustrazione di uno dei casi studio, l'edificio della Facoltà di Lettere e Filosofia-CU003: articolato in spazi e funzioni con esigenze e consumi energetici molto diversificati.

By mapping the process, the team was guaranteed knowledge of all the phases that make it up, identified the information to be included in the model and those to be exchanged with the other "participants" in the project.

A two-level approach was adopted: Overview map with the whole BIM implementation process and Detailed BIM Use Map, in which every single step of the process was described.

In terms of tools: experimentation, use, and coordination of new and complex specifications, digital tools such as Georeferenced Information Systems (GIS), BIM and their Energy and Heritage declensions, which allowed to arrive at environmental certifications. The results obtained show that the use of BIM is not limited to the design phase alone, but is articulated as a process, throughout the entire life cycle of the building. Mc-

4energy for Revit, a Mc4Software application for the energy calculation of buildings in a Revit® environment by Autodesk TM (free trial for 15 days), was used. The software is certified by the CTI for the application of the technical specifications UNITS 11300 parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, with a guarantee of compliance with DM 26/06/2015; it allows to increase the information on energy aspects and to carry out legal checks, energy certification, the calculation of peak summer and winter heating power and allocations for central heating services (according to UNI 10200) and finally the diagnosis for the identification of energy efficiency upgrading of the building.

The use of 3D laser scanner technologies has allowed to obtain a "high" level of detail of graphic restitution, the simultaneous acquisition of colour photos and clouds of 3D points with a

significant reduction in time and costs and finally the integration with different systems such as CAD, 3D and BIM. This allows to import the data collected by 3D laser scanner and to process, starting from the cloud of 3D points, different design views.

Tally® Environmental Impact Tool, an Autodesk® Revit® application (tested for 10 days) was used to assess environmental impacts, working on a design model capable of defining relationships between BIM elements and building materials in the database.

In terms of originality: the methodology allows to set up a system of the different objectives of intervention on the built and to carry out a comparison between interventions even of value, then allows the interoperability between two software still not dialoguing with each other (Revit and GIS).

Moreover, two procedures for the Life

Cycle Assessment (LCA) aimed at environmental certification are currently being tested; the first (Tally®) and the second, importing the data extracted from the Environmental Product Declaration (EPD) of the materials from an excel file, elaborated during the research. At the moment, both paths allow only partial analyses; they can be validated only when the databases will be implemented.

In terms of results: the research has demonstrated the validity (and operational flexibility) of a methodology that uses digital tools: from the planning of interventions, from the survey to the retrieval of information on the building with all its economic, geomorphological, construction, structural and plant-system, domotic characteristics; also responding to the needs of a renewed social demand also expressed by current users.

I primi dati per il modello in BIM provengono dalle piante in CAD fornite dall'Area Gestione Edilizia; integrati con le informazioni geometriche ottenute con il laser scanner 3D in seguito arricchite di dettagli.

Nello specifico il modello è stato predisposto per garantire il raggiungimento del LOD G per gli infissi, i rivestimenti esterni e gli impianti, e il LOD B per il modello generico e le strutture.

Successivamente si è utilizzato il Bim Objects Models, per predisporre un database che inciderà sul *facility management* e programmare gli interventi di manutenzione.

È stata poi elaborata l'APE (edificio in classe energetica C con indice di prestazione globale non rinnovabile (EP_{gl,nren}) di 160,4 kWh/m²anno) risultato che trova riscontro nel confronto con i dati sui consumi ottenuti dalle bollette.

Gli interventi proposti in seguito alle analisi costi-benefici e alle soluzioni possibili in edifici vincolati: sostituzione dei vetri singoli con doppi, installazione di 200 m² di collettori solari pari al 50% del fabbisogno, 300 m² di pannelli fotovoltaici da 30 kW, una caldaia a condensazione e un gruppo frigo ad alta efficienza; consentono di passare alla classe energetica A1 con EP_{gl,nren} di 107,5 kWh/m² anno, con riduzione del consumo del 25% di energia elettrica e 66,2% di energia termica e conseguente diminuzione delle emissioni di CO₂ del 33,4%.

L'investimento iniziale: un milione di euro, ritorno in 15 anni e riduzione dei costi di esercizio a 64.000,00 euro l'anno. Il conto termico GSE, che finanzia per la PA fino al 65% delle spese sostenute per gli interventi sull'involucro e sugli impianti, consentirebbe di ridurre l'investimento iniziale a 350.000,00 euro con un ritorno a 5,4 anni.

This could be achieved through the drafting of the BEP, which defines the programmers objectives, the survey and the directives of graphic restitution for each design phase (up to the executive phase), monitoring each phase of the building process up to the tender (leaving unchanged, however, the verification and control operations to be carried out on the phases following these: testing, Post Occupancy Evaluation (POE), etc.

An aside, but not of secondary importance: having to intervene, for example, on the only environmental compliance, the economy of scale has instead created the conditions for an overall compliance of the buildings: static, functional.

To conclude: the final evaluation can only be made at the end of the work when it is technically possible to carry out a POE and the consequent updat-

ing of the data in real time.

Therefore, understood (and shared) everything, the subarticulation (for scientific and operational purposes) is the same as suggested by the *call*.

The work has focused on the executive project and the correct use of resources/environmental sustainability; however, it should be stressed that a truly buildable executive project must keep all the aspects of the *call* present if it is to achieve the results that the *call* itself (rightly) sets itself, especially if it is to pursue the objectives set (at least 3 of the 17 UN objectives and those of ESG (*Environment/Social/Governance*)).

For an example, the illustration of one of the case studies, the building of the Faculty of Letters and Philosophy-CU003: divided into spaces and functions with very different energy needs and consumption.

The first data for the BIM model come

I soggetti coinvolti e finanziamenti

I soggetti coinvolti sono al momento tutti pubblici, anche se in funzione delle risultanze ottenute si spera di coinvolgere – per loro stesso interesse – anche il mercato privato.

La ricerca è stata finanziata nell'A.A. 2017-2018 (come prima tranche con possibilità di reiterazione in funzione dei risultati raggiunti) dallo stesso Ateneo sulla base di una proposta presentata nell'ambito dei bandi di ricerca di Ateneo.

Essa comunque si coniuga con il Piano Edilizia e con il Piano Energetico dell'Ateneo attualmente in atto.

Questo è un ulteriore servizio reso agli Uffici Tecnici della Sa-pienza: l'economia di scala.

Come già riportato, si sono create le condizioni per una messa a norma complessiva degli edifici: statica, funzionale pur privilegiando, a seconda dei casi, la riqualificazione energetico-ambientale⁷.

In questa logica si sono intrattenuti rapporti con gli Uffici Tecnici preposti e, inoltre, le risultanze della ricerca – sia pure con qualche limite – testimoniano altri rapporti con il circostante Municipio II che intenderebbe avvalersi della documentazione prodotta⁸.

Non è da escludere infine un certo interessamento di condomini privati visto che per la riqualificazione energetica è possibile fruire di agevolazioni fiscali insieme ad altri interventi suddivisi per singole unità abitative e parti condominiali (cfr. Legge di Bilancio 2019).

Infine, è in corso un programma di Start-up universitaria STAR.t.BIM (coordinato da chi scrive) con l'obiettivo di affiancare i tecnici delle stazioni appaltanti della PA nella prima fase di approccio al BIM estendendo tale collaborazione anche all'u-

from the CAD plants provided by the Building Management Area; integrated with the geometric information obtained with the 3D laser scanner, later enriched with details.

Specifically, the model has been prepared to ensure the achievement of LOD G for windows, external cladding and systems, and LOD B for the generic model and structures.

Subsequently, the Bim Objects Models were used to prepare a database that will affect facility management and schedule maintenance operations.

The APE (energy class C building with an overall non-renewable performance index (EP_{gl,nren}) of 160.4 kWh/m² per year) was then processed and compared with the consumption data obtained from bills.

The interventions proposed following cost-benefit analyses and possible solutions in historical buildings:

replacement of single glazing with double glazing, installation of 200 m² of solar collectors equal to 50% of requirements, 300 m² of 30 kW photovoltaic panels, a condensing boiler and a high-efficiency refrigeration unit; they allow to move to energy class A1 with EP_{gl,nren} of 107.5 kWh/m² per year, with a reduction in consumption of 25% of electrical energy and 66.2% of thermal energy and a consequent reduction in CO₂ emissions of 33.4%.

The initial investment: one million euros, return in 15 years and reduction of operating costs to 64.000.00 euros per year. The GSE thermal account, which finances up to 65% of the expenses incurred for the PA for the interventions on the envelope and on the plants, would allow to reduce the initial investment to 350.000.00 euros with a return to 5,4 years.

utilizzo di altre applicazioni quali GIS e software di diagnosi energetica.

Implicazioni culturali, pratiche e socio-economiche

Le risultanze, qualora collaudate, sono del tutto positive e vanno a vantaggio di tutta indistintamente la comunità.

Per gli aspetti ambientali costituiscono inoltre un supporto per l'implementazione dell'analisi LCA direttamente in BIM sia attraverso l'interoperabilità con il software Tally sia attraverso la parametrizzazione delle informazioni contenute nelle EPD di tipo III.

La ricerca pur rivolta ad enti pubblici, ha connotazioni che la rendono fruibile anche ad aziende private, per migliorare la gestione del patrimonio immobiliare sotto una pluralità di ottiche. Implicazioni culturali: la sostenibilità ambientale non si risolve in termini normativi: è, e rimane, un fatto culturale. È solo attraverso una corretta ed efficace comunicazione (oppure con esperienze valide e tangibili come questa) che si può raggiungere questo obiettivo.

Prescindendo da leggi e regolamenti, non basta intervenire tecnicamente: green economy, eco design, sostenibilità, sono enunciati vuoti, dichiarazioni sterili di principio, se non vengono applicati nella realtà dei fatti.

Questo è, anche, una delle finalità di questa pubblicazione: creare una sensibilità ambientale diffusa attraverso una comunicazione che individui sempre più adeguate forme per essere maggiormente efficace.

Implicazioni pratiche: diretto ed immediato utilizzo delle risultanze da parte degli Uffici Tecnici della Sapienza; estensione di

Actors involved and funding

At the moment, all the actors involved are public, even if, according to the results obtained, it is hoped to involve – for their own interest – the private market as well.

The research was funded in the academic year 2017-2018 (as the first tranche with the possibility of repetition depending on the results achieved) by the University itself on the basis of a proposal submitted in the context of calls for research at the University.

However, it is combined with the Building Plan and with the University's Energy Plan currently underway.

This is a further service rendered to the Technical Offices of Sapienza: the economy of scale.

As already mentioned, the conditions have been created for the buildings to be brought into compliance with the

overall regulations: static, functional, while favouring, depending on the case, the energy-environmental requalification.⁷

In this logic, relations have been maintained with the competent Technical Offices and, moreover, the results of the research – albeit with some limitations – testify to other relations with the surrounding Municipality II, which intends to make use of the documentation produced.⁸

Finally, a certain interest of private condominiums cannot be excluded, given that for energy requalification it is possible to benefit from tax relief together with other interventions divided into individual housing units and condominium parts (see Budget Law 2019).

Finally, a STAR.t.BIM university start-up programme (coordinated by the writer) is underway with the aim of

queste e collaborazione con gli Uffici Tecnici del Municipio II circostante.

Implicazioni socio-economiche: per chi adotta questo metodo migliorano le condizioni di fruizione del bene e si limitano i costi di gestione.

Risultati, limiti della ricerca, conclusioni, ulteriori sviluppi

Alcuni aspetti analitici, compatibili con la obbligata lunghezza di questo testo, sono già stati riportati e si spera esaurientemente.

Oltre a quanto fin qui riportato, un ulteriore risultato è raggiungibile, la qualità dell'aria indoor: se è possibile dimensionarne la temperatura, sarà altrettanto possibile dimensionarne la qualità in una più ampia interpretazione dell'acronimo ESG Environment/Social/Governance.

Oltre ai condivisibili quindi risultati "tecnici" il lavoro svolto obbliga i progettisti che hanno formulato le previsioni a confrontarsi nel tempo con gli esiti effettivi nelle opere progettate.

Pur circoscritta ad un campione del patrimonio edilizio della Sapienza di Roma la metodologia si può estendere all'intera proprietà dell'Ateneo (anche a quella al di fuori del quadrato piacentiniano) e consente una applicazione su un intero quartiere (Municipio II di Roma).

In sintesi, si è riusciti a creare le condizioni per produrre documenti ed elaborati progettuali correttamente ed adeguatamente cantierabili che, in linea con quanto fin qui sottolineato, consentono di procedere garantendo la qualità dei risultati programmati.

Se le risultanze saranno valide non sarà difficile implementare le strumentazioni digitali e produrre metodi sempre più efficienti.

supporting the technicians of the PA contracting stations in the first phase of their approach to BIM, extending this collaboration to the use of other applications such as GIS and energy diagnosis software.

Cultural, practical and socio-economic implications

The results, if tested, are completely positive and benefit the whole community without distinction.

For the environmental aspects they are also a support for the implementation of the LCA analysis directly in BIM both through the interoperability with the Tally software and through the parameterization of the information contained in EPD type III.

The research, although addressed to public bodies, has connotations that make it usable also to private companies, to improve the management of

real estate assets under a plurality of optics.

Cultural implications: environmental sustainability is not resolved in regulatory terms: it is, and remains, a cultural fact. It is only through correct and effective communication (or with valid and tangible experiences like this one) that this objective can be achieved.

Regardless of laws and regulations, it is not enough to intervene technically: green economy, eco design, sustainability, are empty statements, sterile declarations of principle, if they are not applied in practice.

This is also one of the aims of this publication: to create a widespread environmental awareness through a communication that identifies more and more appropriate ways to be more effective.

Practical implications: direct and immediate use of the results by the Tech-

Per concludere: si è già detto che con una corretta applicazione del Codice degli appalti, una adeguata utilizzazione di strumenti digitali, una sensibilizzazione maggiore degli utenti attraverso una corretta ed adeguata comunicazione si può sperare di risolvere un problema che investe la gran parte del patrimonio edilizio esistente (pubblico e privato).

Il cambio di paradigma (e quindi gli sviluppi auspicati) non può avvenire che attraverso il passaggio ad industria 4.0 (coinvolgendo anche le PMI) l'unica modalità per affrontare adeguatamente questi ed altri aspetti edilizi finora non citati (ad esempio il PPP, il ruolo dell'ANAC, la prefabbricazione, il riutilizzo dei rifiuti, il calo delle morti (cosiddette eufemisticamente bianche), il *debat publique*, la casa come servizio e non più come un bene rifugio; problemi non più rinviabili.

Altrimenti, quanto detto in apertura «La sostenibilità ambientale in edilizia (che in questa ricerca si privilegia – per una corretta elaborazione di un progetto esecutivo realmente cantierabile – ma che si intende correlare contestualmente con altre iniziative» si limita ad una semplice (e vuota) affermazione.

NOTE

¹ Fra le attività del *Piano della mobilità sostenibile (Sump)*: il “Rapporto sul modello di spostamento attuale della comunità Sapienza”.

² Dal 01/01/2019 è obbligatorio l'utilizzo del BIM per la modellazione nell'edilizia di tutte le opere pubbliche di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni. Dal 2025 sarà richiesto per tutti i lavori.

³ Gli oggetti modellati nel progetto basati su dati desunti dalla ricerca storica sono più numerosi rispetto agli oggetti “di sistema” ed a quelli “caricabili”.

⁴ Circolare 21/01/2019 n. 7 CSLP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggior-

nical Offices of Sapienza; extension of these and collaboration with the Technical Offices of the surrounding Municipality II.

Socio-economic implications: for those who adopt this method, the conditions of use of the good are improved and management costs are limited.

Results, research limits, conclusions, further developments

Some analytical aspects, compatible with the obligatory length of this text, have already been reported and hopefully exhaustively.

In addition to what has been reported so far, a further result is achievable, the quality of indoor air: if it is possible to size the temperature, it will also be possible to size the quality in a broader interpretation of the acronym ESG (Environment/Social/Governance).

In addition to the “technical” results

that can be shared, the work carried out obliges the designers who have formulated the forecasts to compare themselves over time with the actual results of the planned works.

Although limited to a sample of the building heritage of Sapienza University of Rome, the methodology can be extended to the entire property of the University (including that outside the square of Piacentini) and allows an application on an entire neighborhood (Municipality II of Rome).

In short, it has been possible to create the conditions to produce documents and design documents that can be properly and adequately built on site, in line with what has been emphasized so far, allow to proceed while guaranteeing the quality of the planned results.

If the results are valid, it will not be difficult to implement digital instruments

and produce increasingly efficient methods.

To conclude: it has already been said that with a correct application of the Procurement Code, an adequate use of digital tools, a greater awareness of users through a correct and adequate communication we can hope to solve a problem that affects most of the existing building stock (public and private). The paradigm shift (and therefore the desired developments) can only take place through the transition to industry 4.0 (also involving SMEs), the only way to adequately address these and other building aspects not mentioned so far (for example, the PPP, the role of ANAC prefabrication, the reuse of waste, the fall in deaths (so-called euphemistically white), the *debat publique*, the house as a service and no longer as a safe haven; problems that can no longer be postponed.

namamento delle Norme tecniche per le costruzioni in GU n. 35 11/02/2019: Capitoli 2 e 8.

⁵ La domotica si integra con gli *Smart construction object* (SCO) che, sensorizzati e fra essi collegati, misurano – anche all'interno di un edificio – le prestazioni erogate, avvertono l'utenza di eventuali disservizi favorendo così il *facility management*: in altri termini *Internet of Things* (IoT) e domotica generano così concreti e tangibili servizi alla persona.

⁶ I *model file type*: l'elenco di tutti i software e le applicazioni (con relative versioni) che vengono utilizzati per lo sviluppo di ogni BIM *use* per garantire l'interoperabilità del processo.

⁷ «Le analisi stimano benefici economici della digitalizzazione dei processi di progettazione, costruzione e gestione compresi tra il 10% e il 20% delle spese in conto capitale dei progetti» (EUBIM, 2017).

⁸ La documentazione sarà utile ad es. per gare europee per selezionare operatori economici – attraverso un accordo quadro – per servizi di conduzione, gestione, manutenzione e presidio di impianti termici, di condizionamento e trattamento aria della Città Universitaria e delle Sedi Esterne.

REFERENCES

Ciribini, A. (2017), “Digitale e Analogico: un Connubio Rivelatore”, *Ingenio*, available at: <https://www.ingenio-web.it/6895-digitale-e-analogico-un-connubio-rivelatore>.

De Santoli, L. (2017), “Piano Energetico Sapienza”, available at: <https://www.uniroma1.it/it/pagina/pes-sapienza>.

DM MIT 560/2017 (2017), *Modalità e tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei metodi degli strumenti elettronici specifici*.

Calabrese, N., Carderi, A., Lavinia, C., Cašari, F. and Passafaro (Eds.) (2019), *Energia e sostenibilità per la PA*, ENEA, Roma.

EUBIM Task Group (2017), “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector”, available at: <http://www.eubim.eu/handbook/>.

Otherwise, what was said in the opening words «Environmental sustainability in construction (which in this research is favoured – for the correct elaboration of a truly buildable executive project – but which is intended to be correlated at the same time with other initiatives» is limited to a simple (and empty) statement.

NOTES

¹ Among the activities of the *Sustainable Mobility Plan (Sump)*: the “Report on the current model of displacement of the Wisdom community”.

² As from 01/01/2019, the use of the BIM is mandatory for the modelling of all public works in the building sector for a bidding amount equal to or greater than 100 million. From 2025 it will be required for all works.

³ The number of objects modelled in the project based on historical research

Murphy, M., McGovern, E. and Pavia, S. (2013), "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, pp. 89-102.

UNI 11337:2017 (2017), "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni".

data is greater than the number of "system" and "loadable" objects.

⁴ Circular n. 7 of 21.01.2019 CSLP: Instructions for the application of the Updating of Technical Regulations for Construction in *Gazzetta Ufficiale* n. 35 of 11.02.2019: Chapters 2 and 8.

⁵ Home automation is integrated with Smart Construction Objects (SCOs) which, sensorized and connected to each other, measure – even inside a building – the services provided, warn users of any inefficiencies and thus promote facility management: in other words, Internet of Things (IoT) and home automation thus generate concrete and tangible services to the person.

⁶ The model file type: the list of all the software and applications (with relative versions) that are used for the development of each BIM use to guarantee the interoperability of the process.

⁷ «Analyses estimate the economic benefits of digitising design, construction and management processes at between 10% and 20% of project capital expenditure» (EUBIM, 2017).

⁸ The documentation will be useful, for example, for European tenders to select economic operators – through a framework agreement – for services of operation, management, maintenance and supervision of heating, air conditioning and air treatment systems in the University Campus and in external locations.

Progetto, dettaglio, costruzione. La scuola tedesca di Karljosef Schattner ed Heinz Bienefeld

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Ricerca avanzata (Under 35)

nicola.panzini@poliba.it

Nicola Panzini,

Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari, Italia

Abstract. Il contributo proposto si colloca nell'ambito di una borsa di ricerca finanziata dall'ente internazionale tedesco Daad, sviluppata presso la Technische Universität di Monaco di Baviera, che ha come tema principale l'indagine di alcuni architetti d'area germanica della tarda modernità. Il saggio, nello specifico, intende mettere a fuoco il lavoro di due "maestri costruttori", che rappresentano la scuola del progettare "dettagliando": Karljosef Schattner (1924-2012) ed Heinz Bienefeld (1926-1995). Schattner si apre ad un dialogo fertile con il mondo industriale e sperimenta nuovi materiali; Bienefeld elabora il corpo edilizio aggiornando le tecniche costruttive tradizionali. Queste differenti inclinazioni sono poste in luce attraverso la lettura analitica di opere emblematiche.

Parole chiave: Costruzione; Dettaglio; Germania; Schattner; Bienefeld.

La forma della costruzione Negli anni in cui Karljosef Schattner portava a compimento i suoi studi di architettura ed entrava nell'ufficio di Franz Hart, il suo docente «migliore» Hans Döllgast concludeva il recupero della chiesa di St. Bonifaz (1949-50) e guidava la difficile ricostruzione dell'Alte Pinakothek (1946-57) a Monaco di Baviera, due cantieri situati poco distanti dalle aule della Technische Hochschule, immediatamente visitabili e sottoposti dalle nuove leve a un continuo pellegrinaggio di osservazione e conoscenza.

Subito dopo la formazione tecnico-pratica ricevuta dalla Werkschule di Colonia, Heinz Bienefeld divenne prima assistente di Dominikus Böhm, imparando la lezione sulla plasticità della parete e l'eloquenza delle strutture a vista, e qualche anno più tardi consolidò il suo apprendistato al mestiere presso lo studio di Emil Steffann, occupandosi della sistemazione del chiostro delle Carmelitane ad Essen (1961-63) e della realizzazione della chiesa di St. Hildegard a Bad Godesberg (1962).

Che cosa rende comparabile l'attitudine al progetto di Hans Döllgast ed Emil Steffann, che si ritrova latente nelle esperien-

ze di Schattner e Bienefeld, al di fuori di ogni arido e riduttivo schematismo?

Döllgast e Steffann ponevano come fondamento del progetto gli aspetti della costruzione, lasciando che l'opera affiorasse ogni volta dall'espressione logica della sua concezione costruttiva. In altri termini, la forma dell'architettura procedeva dal riconoscimento della ragione dell'edificio, in cui ogni parte viene ricondotta all'insieme sulla base di un'attribuzione tettonica: essi lavoravano a una "formalizzazione" della costruzione strettamente dipendente dalla natura "atemporale" degli elementi posti in correlazione e, attraverso i caratteri denunciati dal sistema strutturale, dai materiali e dalle loro proprietà, dagli spazi e dalle loro destinazioni, puntavano al raggiungimento della *forma esatta* dell'opera.

Ma Döllgast e Steffann risultano profondamente moderni perché non contrappongono le tecniche e le conoscenze tramandate alle istanze dell'industria e dei nuovi materiali. Piuttosto mettono in tensione, oppure in un equilibrio "precaro", le parti anatomiche dell'opera ricercando le soluzioni più semplici con i pezzi necessari alla fabbrica, essendo talvolta questi i più rudimentali ed arcaici. Non è un caso che le parole chiave del metodo da loro intrapreso siano *Bausubstanz* (sostanza costruttiva per Döllgast) e *Baukörper* (corpo costruttivo per Steffann), esibiti chiaramente in una serie di edifici emblematici sviluppati a partire da un confronto dialettico con le forme storiche, anonime e popolari dell'architettura e gli elementi permanenti della costruzione. Essi operano con straordinaria abilità tra le "rovine" dell'esistente, richiamando spazi "originari" dell'abitare, e si collocano nel solco della «architettura moderna in Germania [...] in quel movimento di tendenza tra tecnica e tradizione» (Posener, 2013), avviata a partire dalla fine degli anni dieci da Theodor Fischer, Richard

Project, detail,
construction. The
german school of
Karljosef Schattner and
Heinz Bienefeld

Abstract. The issue of the article originates from the research grant funded by the German international Daad Institution, developed at the Technische Universität of Munich, based on the study of a group of late-modern German architects as main topic. The article aims to focus especially on the work of two "master builders", who represent the school of "detailed" designing: Karljosef Schattner (1924-2012) and Heinz Bienefeld (1926-1995). Schattner opens up a connection with the industrial field and the new production materials; Bienefeld elaborates the building body with the upgraded traditional construction techniques. These different approaches are explained by the analytical reading of emblematic works.

Keywords: Construction; Detail; Germany; Schattner; Bienefeld.

The form of the construction

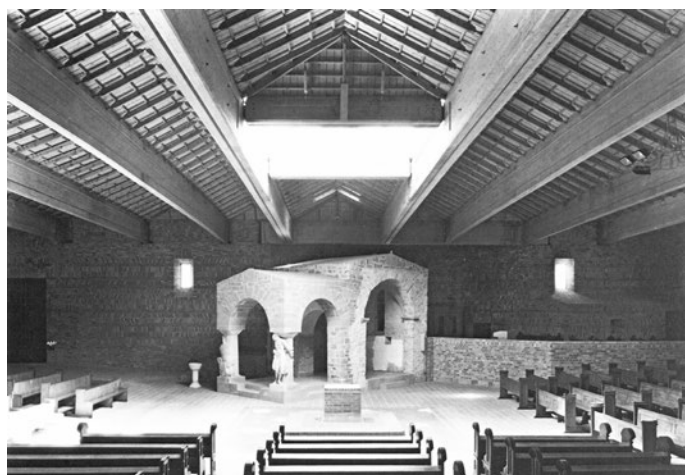
While Karljosef Schattner concluded his architectural studies and he became part of the Franz Hart office, his «best» teacher Hans Döllgast completed the restoration of the St. Bonifaz church (1949-50) and managed the difficult reconstruction of the Alte Pinakothek (1946-57) in Munich. These two construction sites, located not far from the classrooms of the Technische Hochschule, were easily accessible to the new generation for a continuous pilgrimage of observation and knowledge.

Immediately after the technical-practical training received from the Werkschule in Cologne, Heinz Bienefeld learnt the art of sculptural wall quality and eloquence of visible structures by becoming Dominikus Böhm's academic assistant. A few years later, he reinforced his trade apprenticeship in the office of Emil Steffann by deal-

ing with the arrangement of the Carmelite cloister in Essen (1961-63) and the construction of the St. Hildegard church in Bad Godesberg (1962).

How is it possible to compare the attitude of Hans Döllgast and that of Emil Steffann to the project, which is found in both Schattner and Bienefeld's experiences, over any barren and reductive schematism?

Döllgast and Steffann considered the construction qualities as the main core of the project, allowing the building to emerge always from the logical expression of its constructive conception. In other words, the architectural form proceeded from the identification of the building motive and each part was traced back to the whole building thanks to a tectonic meaning. They worked on a process of construction "formalisation", strictly subject to the "timeless" character of



Riemerschmid, Fritz Schumacher, Peter Behrens, Hans Poelzig, Paul Bonatz, Bruno Taut.

Pura artigianalità e pura tecnica

dopoguerra in posizione di retroguardia, disposti cioè ad un tenace rinnovamento delle pratiche del mestiere indirizzato alla sopravvivenza della cultura artigianale nel tempo della tecnica. Una tecnica che non considerano sufficiente ad esaudire l'opera architettonica ma in grado di arricchire l'esperienza del progetto e il linguaggio della costruzione. Bienefeld incarna d'altronde un'artigianalità raffinata e colta, condotta però nell'alveo delle soluzioni "da manuale" tramandate da secoli. Schattner affronta l'incombenza urgente dei nuovi materiali edilizi e l'applicazione di prodotti "da catalogo" o prefabbricati di stampo industriale. Entrambi utilizzano la *pura* artigianalità e la *pura* tecnica come strumenti di definizione del tema di progetto, sottomettendoli sempre ad un'ordinata gerarchia formale.

Schattner e Bienefeld, alla stregua dei loro maestri, si schierano sulla scena del secondo

the elements placed in relation to each other, through the announced features of structural system, the materials and their properties, the spaces and their purposes to achieve the *proper form* of the building.

Considering though, that Döllgast and Steffann are profoundly modern, they don't compare the techniques and preserved knowledge to the requests of industry and new materials, but rather they put the anatomical parts of the building in tension or in "uncertain" balance, searching for the simplest solutions reached by the only pieces they need – sometimes being the most rudimentary and archaic. It is no coincidence that the keywords of their methods are *Bausubstanz* (constructive essence for Döllgast) and *Baukörper* (constructive body for Steffann), clearly introduced in a series of emblematic buildings developed from a dialectical

comparison with the historical, anonymous and popular forms of the architecture and permanent elements of the construction. They work with an extraordinary skill among the "ruins" of the reality, recalling the "original" space of living, and are placed in the wake of «the modern architecture in Germany [...] in a movement of tendency located between technique and tradition» (Posener, 2013), that started at the end of the 1910s by Theodor Fischer, Richard Riemerschmid, Fritz Schumacher, Peter Behrens, Hans Poelzig, Paul Bonatz, Bruno Taut.

Pure craftsmanship and pure technique

Schattner and Bienefeld, similar to their masters, impose themselves on the second post-war period in the rearguard, willing to strengthen the renewal of the trade practices in order to

Ciò appare evidente nei casi in cui un'ampia copertura protegge spazi destinati all'adunanza, che è quello che si verifica nella chiesa parrocchiale di St. Willibrord (1968) a Waldweiler, uno dei primi magistrali contributi di Heinz Bienefeld. Essa si innalza tra abitazioni sparse in un paesaggio agreste, risolve la pendenza del suolo e raccoglie dentro la sua struttura massiccia i pochi resti della precedente chiesa gotica. L'edificio si propone in forma mistilinea: a sud il muro esprime una "piega" maestosa che ricalca l'ingombro dei ruderi rimasti, a cui fa da contrappunto una torre campanaria squadrata che segna l'ingresso principale; a nord il muro si restringe, assecondando l'irregolarità delle case preesistenti, e culmina nella spiccata protuberanza di un contrafforte scalettato che accoglie l'entrata secondaria. Il carattere dell'edificio è ascrivibile al trattamento riservato alla complessa copertura. Lo spazio vasto dell'aula è sormontato da una sequenza ininterrotta di lunghe tettoie "a sella", in cui sono leggibili tutti i pezzi in legno marcati però da inserti in acciaio che ne alterano l'ordinarietà della carpenteria. Le tettoie sono infatti costituite da travetti e tavolato sorretti da puntoni affusolati

preserve the artisan culture in the time of technology. They didn't consider the technology enough to have an architectural progress but able to enrich the experience of the project and the language of the construction. In fact, Bienefeld chooses a cultured and sophisticated craftsmanship, carried out, however, in a context of the "handbook" solutions repeated for centuries. Schattner replies to the urgent application of new building materials and to the implementation of "inventory" products or industrial-style prefabricated. Both use *pure* craftsmanship and *pure* technique as instruments of resolution of a project theme, always submitting to a hierarchy of formal order.

These instruments of resolution are evident mostly in the presence of a wide coverage that protects the spaces for assembly. This is what occurs in the

parish church of St. Willibrord (1968) in Waldweiler, one of the first Heinz Bienefeld's masterly projects. The church rises amongst houses scattered in a rural landscape, gives a solution to the ground slope and gathers the few remains of the previous Gothic church within its massive structure. The building has a mixtilinear form: to the south side, the wall shows a majestic "fold" (that follows the position of the previous ruins) which is counterpointed by the square bell tower in front of the main entrance; to the north side, the wall restricts itself and respects the irregularity of the pre-existing houses, culminating in the marked ledge of a stepped buttress with the secondary entrance.

The building's personality comes out thanks to the complex layout of the coverage. The big space of the hall is surmounted by a continuous series of long "saddle roofs", where all the

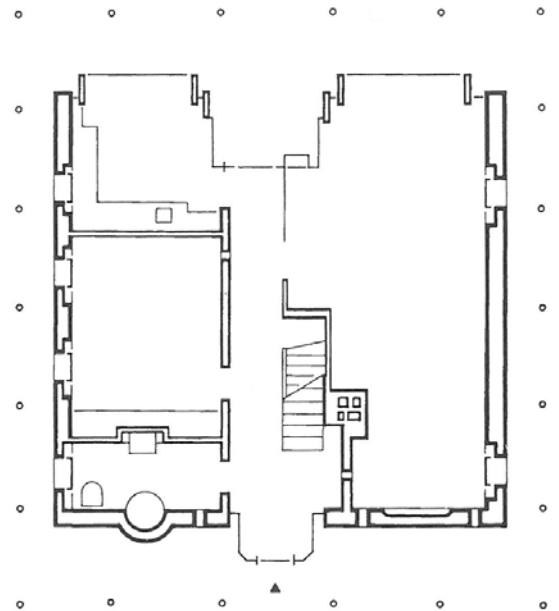
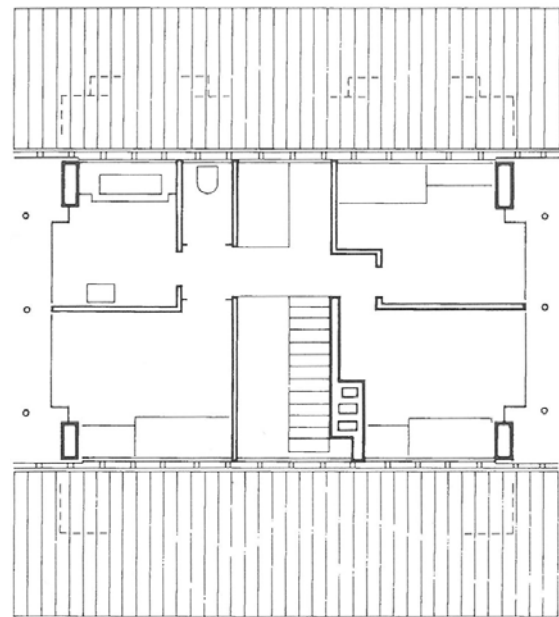
alle estremità e muniti di sottili giunzioni metalliche, che portano gli spioventi ad “appoggiarsi” sulle robuste travi portanti: due forme strutturali domestiche – i tetti a capanna e i travoni di un fienile rurale – sfilano radenti sui resti della chiesa gotica e conferiscono un’intima sacralità allo spazio delle celebrazioni. L’altare è l’unico punto ad essere inondato da una luce brillante proveniente dall’alto: la copertura a campate iterate ammette un’eccezione rispetto al verso perché s’interrompe e si apre al cielo investendo il luogo nevralgico della liturgia, leggermente infossato, grazie ad una lanterna in acciaio e vetro che dirada il buio incombente e la penombra tutt’attorno per rivelare la reliquia in pietra sbazzata della vecchia chiesa.

Nel rinnovamento dell’ex granaio-deposito di Eichstätt e nella sua conversione in Diözesanmuseum (1979-82), Karljosef Schattner avvia un’ingegnosa operazione nella pancia della «sostanza storica del manufatto» (Pehnt, 1988), trasfigurandone la sua identità. L’edificio si addossa al duomo della città ed è composto di due volumi: il *Mortuarium*, una struttura scatolare tardogotica a due navate, sormontato da stanze di epoca barocca; l’ex granaio medievale in pietra di cava, ortogonale al *Mortuarium*, che racchiudeva quattro impalcati a traliccio ligneo, muniti di pilastri a stampella e conclusi da un imponente tetto a controcattena. Da molti anni l’ex granaio versava in condizioni disastrose di abbandono e, in virtù di un’alterazione ottocentesca che ne aveva indebolito la maglia strutturale, il tetto rischiava addirittura l’abbattimento.

Schattner interviene preservando la qualità del tetto, che sospende con un’intelaiatura di supporto, “libera” lo spazio al di sotto e riconnette la sala tardogotica alla nuova galleria espositiva. Qui un sistema di travi reticolari in acciaio si ripete lungo

wooden pieces are visible and marked by steel inserts that change the common system of the carpentry. The roofs have joists and planks sustained by tapered rafters at the extremities and thin metal junctions, thus the roofs “rest on” the strong supporting beams. These two domestic structural forms – pitched roofs and beams of a rural barn – fall close to the upper part of the Gothic church ruins and instill a deep holiness to the space for the celebrations. The altar is full of bright and natural light that comes from a strategic point in the ceiling, that breaks the standard span structure, opening up to the sky illuminating the center of the liturgy, slightly sunken, thanks to a steel-glass lantern. The lantern thins out the looming darkness and the semi-darkness all around the altar, and reveals the vestiges in rough stone of the old church.

With the renovation of the ex-granary-storage in Eichstätt and its transformation into Diözesanmuseum (1979-82), Karljosef Schattner starts an important activity within the «historical essence of the artifact» (Pehnt, 1988), changing its identity. The building leans against the city cathedral and is made up of two volumes: the first one is the *Mortuarium*, a late Gothic two-nave box structure, with rooms from the Baroque period just above it; the second volume, that meets the *Mortuarium* at right angles, is the medieval ex-granary in quarry stone, which enclosed four wooden trellis frameworks, equipped with crutch pillars and finished by a majestic collar beam roof. The ex-granary had been for a long time in a state of desperate abandon and the collar beam roof was in danger of being demolished because of a nineteenth-century modification



il soffitto; da queste si dipartono una serie di tiranti inchiavellati alle teste dei pilastri a stampella preesistenti. Questa fitta trama di aste, travi, traverse e corde in acciaio, verniciate di nero, si contrappone al legno stagionato del tetto medievale ed esplicita la sua differente natura: il sistema a incastro del tetto scarica il suo peso sulla muratura di bordo, dove s'innestano le possenti catene, ma i carichi nel mezzo sono trasferiti alle travi filiformi che si attestano subito al di sotto. Così facendo, il tetto sembra "appeso" alla nuova struttura soltanto in pochi punti e gravita leggero sull'estesa galleria. In fondo, i due sistemi esprimono un rapporto analogico basato interamente sui nodi e gli incastri tra gli elementi, che mutano nelle dimensioni e nella forma perché è la tecnica ad evolversi, ma assolvono egualmente a quella elegante "muscolosità" di trazioni e compressioni che è visibile in ogni costruzione a ossatura.

Ruderi murari e frammenti ad intelaiatura

Nell'elaborazione di casa Duchow (1983) e nel recupero dell'ex orfanotrofio di Eichstätt, destinato a sede dell'Istituto di Psicologia e Giornalismo (1985-88), si assiste all'esperata dicotomia tra forme e tipi strutturali

spogliati e scarnificati, di cui Bienefeld e Schattner ne accettano e ne esaltano l'inconciliabilità. Le opere assumono un aspetto di "fragile" finitezza, pur essendo manufatti pienamente riusciti, e preannunciano la mancata organicità attraverso l'accostamento e la sovrapposizione dei loro pezzi. Esse nascondono la bellezza dell'*incompiuto* – Bienefeld asserisce che «in alcuni momenti il frammentario è vitale, perché non possiamo più dominare la perfezione» (Voigt, 1999) – la quale si annida nella meticolosa attenzione per le soglie e gli spigoli, per i punti di passaggio e di transizione, per quel ciglio impalpabile tra "mondi" differenti, tra dentro e fuori, vecchio e nuovo.

L'impianto di casa Duchow contiene tratti di assoluta singolarità. La piccola abitazione è contrassegnata da un grande tetto che l'ammanta integralmente e che poggia su un colonnato perimetrale di esili puntelli in ferro. Il tetto custodisce al di sotto due *ruderi* di muro, che rigirano ad angolo verso l'accesso e s'interrompono nel fronte posteriore sul giardino mostrando la testata "inconclusa". I ruderi, che accolgono su un lato il bagno, la camera da letto principale e la cucina-pranzo e sull'altro il lungo soggiorno, si addossano ad una stretta galleria, una "intercapedine" di spazio libero, che divide la casa a metà tenendo

04 |



| 05



perciò i due lacerti murari in laconica approssimazione. I ruderi tozzi si riducono al piano superiore in quattro setti portanti, che controventano e fissano la struttura leggera in metallo e vetro delle camere da letto, direzionate nel verso opposto alle falde.

I due elementi primari della casa – il tetto ed i ruderi – sono realizzati con metodi tradizionali: il tetto ad arcarecci è composto di travi (raddoppiate soltanto in occasione del rialzo “a cappello” della copertura), puntoni, correnti, tavolato e coppi così come i paramenti murari sono fatti in laterizio comune con piattebande a ridosso delle bucaure. Tutti i *frammenti* dislocati tra i ruderi e protetti dal grande tetto sono invece “componenti tecnici” in calcestruzzo, metallo e vetro e dimostrano come i caratteri della costruzione corrispondano ai luoghi della casa. Il fronte sul giardino, infatti, si apre ad una relazione diretta con la natura e la cucina-pranzo e lo stanzone del soggiorno si dilatano verso fuori oltre la loro dimensione effettiva; ciò avviene per mezzo di portali in calcestruzzo gettato in opera, richiusi da superfici a vetro ancorate alla cornice-telaio di infissi che riempiono di luce l'interno. I bovindi a scheletro in metallo e vetro delle camere da letto, infine, “staccano” il tetto dalla muratura sottostante e portano aria e luce negli ambienti più privati riparati dalle falde a spiovente.

L'ex orfanotrofo di Eichstätt nasce nel settecento dalla rifusione di due case isolate, che nel punto di attacco conservava un vestibolo di accesso con portale, un minuscolo cortile che assorbiva le giaciture sgembe dei due corpi di fabbrica e un'esigua cappella rivolta al giardino posteriore. L'edificio a sei piani, di cui tre nell'enorme tetto a tenaglia che si erge su strada, si trovava in rovina – intonaco caduto, finestre murate, scale in legno de-

that had weakened its structural mesh. Schattner “clears out” the space below the roof, protecting its quality, holding it up by the support framework and linking again the late-Gothic hall to the new exhibition gallery. Here, there is a system of steel lattice trusses located under the ceiling; from these trusses, groups of tie-beams are developed to the heads of the pre-existing crutch pillars. This thick network of shafts, beams, crossbeams and steel ropes, painted black, contrasts with the aged wood of the medieval roof and clarifies its different origin. So, the snap-fit system of the roof moves its weight to the masonry wall at the boundary, where the mighty wooden chains are inserted; instead, the loads in the middle are transferred to the threadlike beams placed immediately below. In doing so, the roof seems “to hang” on to the new structure only in a

few points and flows above the big gallery. After all, the two systems express an analogical relationship entirely based on nodes and joints between the elements, which change in size and shape caused by the evolution of technology, but they equally perform the elegant “muscularity” of tractions and compressions that is visible in every skeleton construction.

Wall ruins and framed fragments

In the project of the Duchow house (1983) and in the restoration of the ex-orphanage in Eichstätt, later the Institute of Psychology and Journalism (1985-88), it is possible to recognize the exasperated dichotomy between stripped forms and fleshed structural types of which Bienefeld and Schattner accept and expose their division. These buildings achieve a “delicate” finitude, despite being fully successful artifacts,



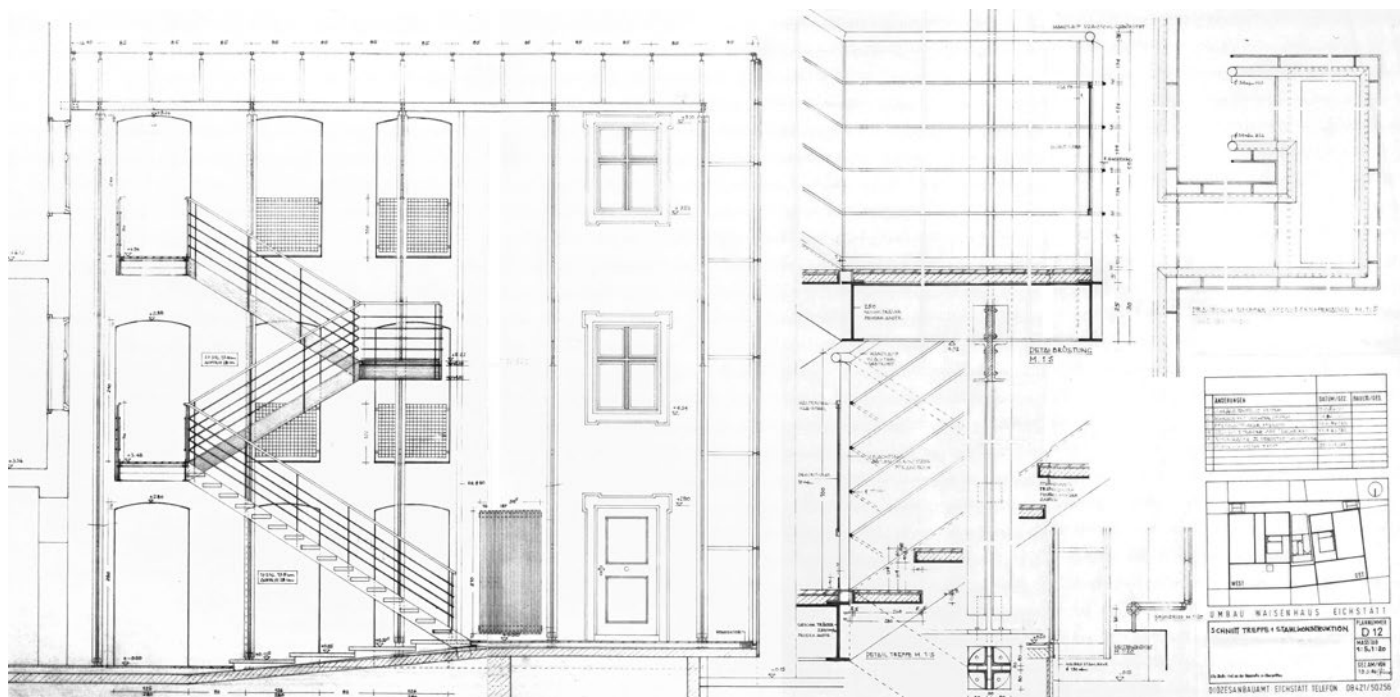
perite, porte e infissi bruciati – quando Schattner ne predispose il restauro e completamento, ricucendone i brandelli superstiti. Le sequenze di spazi del vestibolo, del cortile e della cappella non erano altro che un vicolo ristretto che separava le due case. Schattner interpreta e svuota la preesistenza risalendo alla conformazione originaria e colloca nell'intervallo ritrovato una “pergola” ad intelaiatura in acciaio e vetro con un meccanismo di scale integrate. Questo nuovo passaggio, pervaso dalla luce che piove dalla copertura a capanna, allude alla situazione iniziale di entrata e transito e ricongiunge il trambusto della strada pubblica

and announce the lack of organic unity through the juxtaposition and overlap of their parts. The buildings conceal the beauty of the *unfinished* – Bienefeld claims that «sometimes the fragmentary is necessary, because we can no longer dominate the perfection» (Voigt, 1999) – which hides in the accurate attention to the thresholds and corners, to the points of transfer and transition, to the imperceptible border between different “worlds”, inside and outside, old and new.

The plan of the Duchow house has features of unconditional peculiarities. The small house is marked by a large roof that completely covers it, resting on a perimeter colonnade of slender iron supports. The roof protects two wall *ruins* underneath it, which turn: in a right angle towards the entrance, instead abruptly stopped in the rear front towards the garden with “unfin-

ished” heads. The ruins, which host the bathroom, the main bedroom, the kitchen-dining room and the long living room on the opposite side, lean against a narrow gallery (a “gap” of free space) which separates the house in the middle, keeping the two wall fragments next to each other. On the upper floor, the squat vestiges are decreased in four partition walls, which reinforced and stabilised the thin metal-glass structure of the bedrooms, placed in the opposite direction of the pitched roof.

The two main elements of the house – the roof and the ruins – are made by traditional methods: the purlin roof is composed of beams (doubled only in the points of the upper “hat” of the roof), rafters, joists, planks and roof tiles; instead the load-bearing walls are made in common brick with flat-arched openings. All the *fragments* lo-



alla quiete del giardino sul versante settentrionale. Però mentre i lati sud, est e ovest furono restaurati negli intonaci e nelle decorazioni, il lato nord subiva un'interessante trasformazione. Qui Schattner raddoppia la vecchia cortina muraria, priva di ordine e seriamente deperita, con una nuova parete a breve distanza, lasciando emergere una galleria ariosa, corta ma molto slanciata rivolta all'esterno perché munita di bucatore prive di infissi. L'utilizzo di nuovi materiali, dall'aspetto spartano e volutamente severo, racconta della compresenza di momenti diversi nella storia del manufatto. Schattner impiega lamiera di acciaio sagomato per le scale, tondini saldati per i corrimano, lamiera punzonata per i parapetti, travi ad I e montanti ad L d'acciaio giuntati e

cated between the ruins and protected by the large roof are "technical components" in concrete, metal and glass materials and demonstrate the perfect relationship between the characters of the construction and the places of the house. In fact, the garden front opens up to a special connection to nature: the kitchen-dining room and the living room grow larger to the outside, many times their normal size; this happens because of the cast on site concrete gateways, closed by a glass surface attached to the portal-frame openings that fill up the inner space with light. Lastly, the metal and glass skeleton bow-windows of the bedrooms "detach" the roof from the masonry below and bring air and light into the most private areas sheltered by the pitched roof. The ex-orphanage of Eichstätt was created in the eighteenth century from

the merging of two isolated houses, which preserved in the middle: an entrance vestibule with gateway, a tiny courtyard in between the different locations of the houses and a small chapel facing the rear garden. The six-storey building that was in ruins - bad condition of plaster and wooden stairs, walled up windows, burned doors and windows - had three floors in the huge pincer roof that faced the street before Schattner prepared the restoration and completion, repairing the surviving shreds. The sequences of the vestibule, the courtyard and the chapel spaces were nothing more than a narrow alley that separated the two houses. Schattner translates and voids the building by bringing it back to the original situation and places, in the revalued alley, a glass and steel framed "pergola" with an integrated stairway mechanism.

imbullonati da piastre, stipiti in lamiera sottile di acciaio per le nuove aperture ritagliate nell'apparato murario; ma soprattutto inserisce la "pergola" e le scale in acciaio dentro la massa muraria dell'edificio, registrandone il contrasto attraverso l'isolamento strutturale delle due parti.

Il dettaglio della costruzione

nell'intero processo progettuale, dalla configurazione dell'opera alla sua effettiva esecuzione? È possibile rintracciare in Schattner e Bienefeld una dura disci-

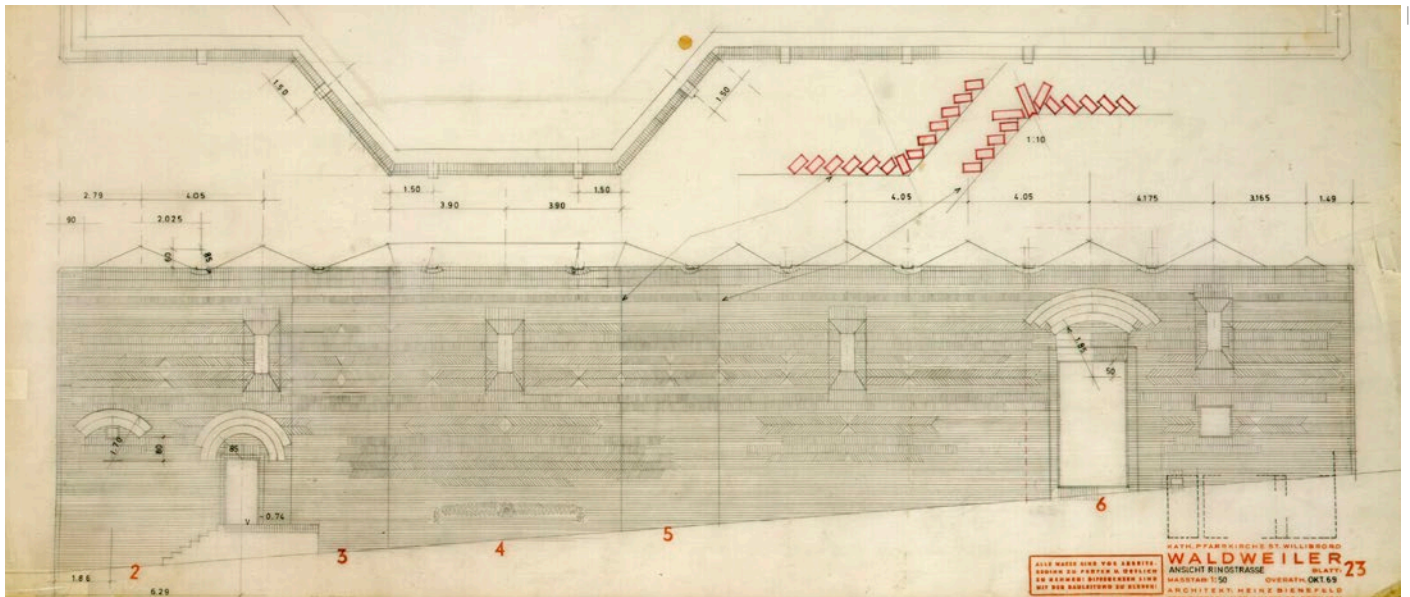
Che valore assume il dettaglio rispetto alla compagine storica? E quale peso gli viene attribuito

This new passage receives the natural light from the upper gabled roof, recalling the initial urban condition of the entrance and the passage, rejoining the bustle of the public road to the quiet of the garden on the northern side. The south, east and west sides were restored in plaster and decorations while the north side underwent an interesting transformation. In that point, Schattner duplicates the old curtain wall, that used to have a strange layout and was seriously declined, with a very close new wall. This formed an airy gallery that was short but that reached towards the sky and strongly connected to the outside thanks to the openings without frames. The application of the new materials, which appear rigorous and harsh, illustrates the presence of different moments in the building's history. Schattner uses shaped steel sheets

for the stairs, reinforced steels for the handrails, punched sheets for the parapets, I-beams steel and L-shaped steel pillars joined and bolted by plates, jambs by thin sheet steel for the new openings situated into the masonry structure. And above all, Schattner includes the "pergola" and the steel stairs inside the massive wall of the building, showing the contrast through the structural isolation of each part.

The detail of the construction

What is the value of the detail related to the historical structure? And which role does the detail play inside the entire design process, from the building arrangement to its real production? It's possible to find an harsh discipline in Schattner and Bienefeld that is testified by several drawings, models and maquettes, freehand sketches to a one-to-one scale: this systematic exercise



plina che è tratteggiata dalla mole di disegni prodotti, di plastici al vero, di schizzi a mano libera condotti fino alla scala uno a uno: questo esercizio sistematico è il progettare “dettagliando”. In altre parole, il dettaglio – appunti, ragionamenti, soluzioni trascritti su carta – coincide con il tema di progetto e il percorso d’indagine, che si conclude con la “più giusta” esecuzione dell’opera, lo si intende capovolto: il dettaglio è il punto di partenza da cui scaturisce il pensiero complessivo sull’opera. Il dettaglio diviene così l’unità minima dell’intera costruzione, il modulo di base da cui discendono le proporzioni generali, un compito costruttivo che porta con sé il significato autentico dell’edificio e ne regola induttivamente la sua crescita. Schattner afferma che «il dettaglio è l’elemento fondamentale dell’architettura. [...] La costruzione e i dettagli architettonici sono strettamente correlati. [...] La qualità del dettaglio ha un’im-

portanza cruciale per il carisma di un’architettura» (Weisner, 1989). Nel caso dell’ex orfanotrofio di Eichstätt, la facciata storica e quella di nuovo inserimento si dichiarano attraverso la messa in forma delle partizioni in acciaio. Le finestre nel basamento barocco erano dotate di grate in ferro con tondini orizzontali passanti in occhielli di staffe verticali, secondo una tecnica della forgiatura ad intreccio. Il nuovo portone d’ingresso traduce la qualità delicata del vecchio elemento: l’anta è costituita da un telaio a rilievo di piattine in acciaio con profili commerciali, saldate e sovrapposte a maglia. Il controtelaio, invece, è costituito da un binario scatolare in bronzo che impreziosisce il volto chiaroscurale del muro – come fosse un minuscolo inserto su una facciata già sovrabbondante. Il fronte a nord, all’inverso, è una superficie silenziosa in cui la finestra è ridotta alla sola membrana del telaio, che si protende lievemente oltre il filo dell’intonaco

is called “detailed” designing. In other words, the detail – notes, reasonings, solutions wrote on paper – corresponds with the project theme instead the route of investigation, which ends with the “rightest” building construction, works backwards. So, the detail is the starting point from which the conception of the work arises and becomes: the smallest unit of the entire construction, the basic module from which the general proportions come from and a constructive task that brings with it the real meaning of the building, regulating its growth inductively. Schattner confirms that «the detail is the essential element of architecture. [...] The construction and architectural details are closely related. [...] The quality of the detail has a crucial importance for the charisma of an architecture» (Weisner, 1989). In the

case of the ex-orphanage in Eichstätt, the historic façade and the newly inserted façade declare themselves by putting the steel partitions into shape. The windows of the Baroque base were equipped with iron gratings formed by horizontal rods that passed through eyelets of vertical brackets, according to a forging technique of interweaving. The new entrance door transfers the delicate quality of the old element: the hinged door is made by a relief frame of steel strips with common profiles, welded and overlapped in a mesh; on the other hand, the counterframe is a single-track bronze box that embellishes the face of the wall – like a tiny insert on a rich façade. Contrary, the northern front is a silent surface, where the windows are reduced to only external frames that stick out of the plaster just a little – it’s the modern surrender to any ornamental things so

that the surface obtains an abstract and irrelevant figurativity. Bienefeld’s architecture is «great in the small». A recurring topic in his projects is the relationship between support and coverage, which is the theme of the extended and enclosed space on the edge or, by contrast, of the smaller spaces covered by the large roof. Aware of the fact that «the detail is not something you can do or not do, but it is as reasonable as breathing» (Weisner, 1989), he stubbornly aims towards the most logical form of support, verifying the tectonic variations. In the St. Willibrord church, the pitched roofs find aid in the monumental wall, embroidered with bricks laid horizontally, vertically and inclined pattern; the beams are inserted in an “archaic” way in the massive body; near the pavilion roof, the wall tapers on the top having the triple flat-

arched bricks. The little windows are framed by splays and closed by slabs of alabaster; on the outside, they are barely touched by depressions in the wall. This ancient wall borders archaeological evidences but it recalls the Roman texture, so common in this area near Trier. On the other hand, the support of the Duchow’s house are only the metal poles, which enclose a cross-shaped core and match with a lower plate and upper plate preceded by a rimmed collar. The strict form of these “columns” refers to a classic dictionary – «a pillar consists of three parts: the base, the shaft and the capital; the roof consists of the gutter and the ridge. [...] Every architectural element has a noticeable beginning and end» (Speidel, 1991). The shadowed space in between the roof and the pole, where the crossed section is most resistant, gives to the mantle its impressiveness with-

– essa è la rinuncia moderna ad ogni connotazione ornamentale per dare all'involucro un'astratta ed estranea figuratività.

L'architettura di Bienefeld è «grande nel piccolo». Una questione ricorrente nei suoi progetti è la relazione tra sostegno e copertura, che è il tema dello spazio esteso e delimitato sul bordo o, per opposto, degli spazi minori coperti dal grande tetto. Consapevole del fatto che «il dettaglio non è qualcosa che puoi fare o non fare, ma è tanto ragionevole quanto il respiro» (Weisner, 1989), si dirige caparbiamente verso la forma più logica del supporto, scandagliandone le variazioni tettoniche.

Nella chiesa di St. Willibrord le tettoie trovano alloggio in un muro monumentale, ricamato da laterizi posati in orizzontale, verticale, a spinapesce; le travi sono affogate in maniera “primordiale” nel corpo massivo; nei pressi dell'attacco a padiglione, la cima del muro si rastrema e i ricorsi si tramutano in piattebande triple. Le finestrelle sono inquadrature da strombature e richiuse da lastre di alabastro; all'esterno sono appena accennate da depressioni sulla cortina. Questo muro *antico* recinge dei reperti archeologici ma ricorda esso stesso la tessitura romana, così diffusa in quest'area vicino Treviri. In casa Duchow, invece, il sostegno è rappresentato dal solo bastone in metallo, che riveste un'anima a croce, provvisto di piastra inferiore e superiore preceduta da un affilato collarino. La forma austera di queste “colonne” rimanda ad una nomenclatura classica – «un pilastro è costituito da tre parti: dalla base, dal fusto e dal capitello; il tetto dalla grondaia e dal colmo. [...] Ogni elemento architettonico ha un principio e una fine visibile» (Speidel, 1991). La pausa d'ombra che s'interpone tra tetto e bastone, ridotto alla sola sezione resistente, conferisce al mantello della copertura la sua peren-

out its real heaviness because it is supported by a forest of very thin tubulars. The architectural detail, although related to a few materials, offers to these two architect-artisans an unlimited freedom of invention, allowing them to move through the inescapability and convincing strictness of the “objective” construction, where everything is neither more nor less than what must be. For this reason, it's possible to include Karljosef Schattner in the family of Hans Döllgast, Josef Wiedemann, Johannes Ludwig, who collect the heritage of the Munich *school*, while Heinz Bienefeld in the circle of Emil Steffann, Rudolf Schwarz, Gottfried Böhm, link to the *school* of Cologne. All of whom have the ability to transform the attention of the small and fragmentary (of what is apparently irrelevant) in something important not less than the entire building. As if, the constructive

reason that their works keep hidden found a way or a mild explanation in these imperceptible “tremors”, scattered on an ordinary brick wall or a surface that in other circumstances would result inanimated.

torietà, privandolo però della sua concreta pesantezza perché mantenuto da una selva di gracilissimi tubolari.

Il particolare architettonico, seppur limitato a pochi materiali, restituisce a questi due architetti-artigiani una illimitata libertà d'invenzione, concedendo loro di muoversi nell'ineluttabilità e nel rigore stringente della costruzione, per certi versi “oggettiva” perché ogni cosa è né più né meno di ciò che deve essere.

Perciò è possibile includere Karljosef Schattner nella famiglia degli Hans Döllgast, Josef Wiedemann, Johannes Ludwig, che raccolgono l'eredità della *scuola* di Monaco, mentre Heinz Bienefeld nella cerchia degli Emil Steffann, Rudolf Schwarz, Gottfried Böhm, riconducibili alla *scuola* di Colonia. Tutti hanno in comune la capacità di trasformare il lavoro sul piccolo e sul frammentario, su ciò che è in apparenza insignificante, in qualcosa non meno importante dell'intero edificio. Come se la ragione costruttiva che le loro opere tengono celata trovasse una via o una compassata spiegazione in questi impercettibili “sussulti”, disseminati su un muro abituale di mattoni oppure su una superficie altrimenti inanimata.

REFERENCES

- Conrads, U. and Sack, M. (Eds.) (1983), *Karljosef Schattner. Eichstätt*, Vieweg, Wiesbaden.
- Hülsmann, G. (Ed.) (1984), *Emil Steffann*, Weyler, Bonn.
- Kurrent, F. (Ed.) (1984), *Johannes Ludwig. Bauten Projekte Möbel*, Technische Universität, München.
- Nerdinger, W. (Ed.) (1985), *Süddeutsche Bautradition im 20. Jahrhundert. Architekten der Bayerischen Akademie der Schönen Künste*, Callwey, München.
- Gaenßler, M., Kurrent, F. and Nerdinger, W. (Eds.) (1987), *Hans Döllgast 1891-1974*, Callwey, München.
- “Karljosef Schattner und Mitarbeiter” (1987), *Stahl und Form*, numero monografico.
- Pehnt, W. (1988), *Karljosef Schattner. Ein Architekt aus Eichstätt*, Gerd Hatje, Stuttgart.
- Weisner, U. (1989), *Neuen Architektur im Detail. Heinz Bienefeld, Gottfried Böhm, Karljosef Schattner*, Kerber, Bielefeld.
- Speidel, M. and Legge, S. (Eds.) (1991), *Heinz Bienefeld. Bauten und Projekte*, Wasmuth König, Köln.
- Ehrmann, R. (Ed.) (1994), *Josef Wiedemann. Bauten und Projekte*, Technische Universität, München.
- Voigt, W. (Ed.) (1999), *Heinz Bienefeld 1926-1995*, Ernst Wasmuth, Tübingen-Berlin.
- Pehnt, W. and Strohl, H. (2000), *Rudolf Schwarz 1897-1961*, Electa, Milano.
- Schneider, R., Nerdinger, W. and Wang, W. (2000), *Architektur im 20. Jahrhundert*, Prestel, München.
- Posener, J. (2013), *Vorlesungen zur Geschichte der Neuen Architektur*, ARCH+ Verlag, Aachen-Berlin.
- “Heinz e Nikolaus Bienefeld” (2018), *Costruire in Laterizio*, n. 174, numero monografico.

Un modello semiotico come tramite concettuale tra l'ambito ideativo e il progetto esecutivo

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Massimiliano Condotta,

Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

massimiliano.condotta@iuav.it

Abstract. Il progetto esecutivo è lo strumento che garantisce tutela e logiche al passaggio concettuale tra l'ambito ideativo e quello realizzativo. Affinché possa svolgere questo ruolo è necessario definire e comprendere i concetti che stanno alla base del processo creativo e intuire come questi siano tradotti nelle forme, tecnologie e materiali descritti dal progetto. Da questi presupposti qui si presenta, attraverso il caso studio della realizzazione del Campus dell'Università Ca' Foscari di Venezia a San Giobbe, un modello semiotico, sviluppato e sperimentato in progetti di ricerca europei, a partire dal quale sono stati messi a punto strumenti cognitivi di supporto alla gestione del processo edilizio e alla progettazione, soprattutto esecutiva.

Parole chiave: Modello semiotico; Progetto esecutivo; Strumenti cognitivi; *Faceted Taxonomy*; *Linked Building Data*.

Scenario e obiettivi della ricerca

Lo scenario concettuale di riferimento della ricerca qui presentata si basa su due presupposti.

Il primo deriva dall'assunto che niente di quanto progettiamo è assolutamente inedito, dato che «ciascuno di noi possiede e controlla – più o meno consciamente – un patrimonio di forme e di segni, gradualmente accumulato nella mente attraverso immagini catturate dall'ambiente naturale e dall'habitat socio-culturale» (Spigai, 1994). Ecco quindi che «le soluzioni progettuali pensate da un architetto sono, la maggior parte delle volte, il risultato di un processo di richiamo e rielaborazione di immagini: l'obiettivo di ottenere nuove soluzioni e forme è raggiunto attraverso il contributo personale nell'interpretare qualcosa di già visto o conosciuto» (Stefaner *et al.*, 2007) (Vicario, 1991).

Il secondo presupposto si basa sul convincimento che tutte le fasi del processo generativo di un'opera di architettura, dall'ideazione al cantiere, hanno un ruolo fondamentale. Ecco che durante la fase di appalto e costruzione, il rispetto delle tecnologie previste dal progetto, l'attenzione al dettaglio e a come i componenti

vengono utilizzati e accostati, sono gli aspetti che costituiscono la “sostanza espressiva” dell'intera opera, a garanzia di sopravvivenza dell'idea architettonica sino alla sua costruzione fisica.

In questo scenario, per garantire un “governo del progetto” che porti ad una “qualità del costruito” intesa sia dal punto di vista tecnologico-funzionale che culturale-espressivo, vi è la necessità che il processo di realizzazione di un'opera di architettura – oggi sempre più complesso e caratterizzato dalla presenza di numerosi attori – si doti di nuovi strumenti. Affinché durante le fasi di realizzazione dell'opera non venga meno l'idea iniziale e la qualità desiderata, servono modelli per leggere e comprendere i concetti che stanno alla base del processo creativo, e di conseguenza, intuire come siano stati tradotti dal progetto esecutivo in forme, tecnologie, materia e dettagli.

A partire da queste premesse, è stata avviata una ricerca multidisciplinare¹ sulla lettura e l'interpretazione di progetti di architettura scomponendo il progetto negli elementi del suo linguaggio attraverso un approccio semiotico. Lo studio, tutt'ora in corso, è svolto attraverso progetti di ricerca europei e nazionali².

L'obiettivo è lo sviluppo di un modello logico-semiotico sul quale basare la messa a punto di strumenti cognitivi di supporto alla gestione del processo edilizio e alla progettazione esecutiva, dove la sostanza espressiva del progetto trova la sua definizione ultima.

Questo intento si basa sulla premessa che alla base della qualità del progetto vi sia la coerenza fra concetti ideativi e il suo sviluppo attraverso la fase esecutiva e di definizione dei dettagli che «esprimono, nei punti rilevanti dell'opera, l'idea di base del progetto» (Zumtor, 1998). Si tratta, tuttavia, di un'istanza di coerenza non sempre condivisa appieno. Se per alcuni infatti, i

A semiotic model as a conceptual link between conception and detailed design

Abstract. The detailed design is the tool that guarantees protection and logic to the transition between conception and realisation. In order for it to play this role, it is necessary to define and understand the concepts underlying the creative process and to understand how these are translated into the forms, technologies and materials described by the detailed design. Based on these assumptions and a case study of the development of the campus of the University Ca' Foscari of Venice in San Giobbe, a semiotic model is presented that was elaborated and tested in European research projects that made it possible to refine cognitive tools to support the management of the construction and design processes, especially detailed design.

Keywords: Semiotic model; Detailed design; Cognitive tools; *Faceted Taxonomy*; *Linked Building Data*.

Scenario and research objectives

The conceptual scenario of reference for the research presented here is based on two basic presuppositions.

The first derives from the assumption that nothing we plan is absolutely new, given that «each of us has and controls – more or less consciously – a wealth of forms and signs progressively accumulated in the mind through images captured from the natural environment and the socio-cultural habitat» (Spigai, 1994). Hence «the design solutions produced by an architect therefore are, most of the time, the outcome of a process of recalling and reworking images: the aim of achieving new solutions and shapes is reached through the designer's personal contribution in the interpretation of something already seen and known» (Stefaner *et al.*, 2007) (Vicario, 1991).

The second premise is based on the

conviction that all the phases of the generative process for a work of architecture, from conception to construction, have a fundamental role to play. During the tendering and construction phase, respect for the technologies provided by the project, attention to detail and how the components are used and combined are the aspects that constitute the “expressive substance” of the entire work, guaranteeing the survival of the architectural idea until its physical construction.

In this scenario, in order to guarantee a “design governance” that leads to a “quality of the built environment”, understood both from a technological-functional and cultural-expressive point of view, there is a need for the process of creating a work of architecture – today very complex and distinguished by the presence of many actors – to be equipped with new tools. Mod-

dettagli, anche se non direttamente collegati all'idea di progetto sono considerati importanti, «una necessaria mediazione tra il modo in cui noi vediamo un edificio e il modo in cui noi lo percepiamo» (Ford, 2011), per altri progettisti, soprattutto tra quelli il cui metodo progettuale si basa «sul tempo e sul movimento, producendo un'architettura dinamica e flessibile attraverso un processo animato di progettazione formale» (Pongratz e Perbellini, 2000), i dettagli sono assai meno essenziali³. Ma anche in questa visione, l'esito espressivo dell'opera di architettura è il risultato di un processo di significazione che traduce un concetto profondo in azioni progettuali che si riflettono sul progetto esecutivo, e tale processo va compreso e governato.

Il progetto esecutivo e gli strumenti del modello logico-semiotico

Il progetto esecutivo è pertanto lo strumento che garantisce logica e tutela di qualità nel passaggio concettuale tra l'ambito ideativo e quello realizzativo. Anche l'attività di D.L. avrebbe un ruolo fondamentale, ma le normative di gara in ambito pubblico spesso non garantiscono continuità del team di lavoro, rendendo meno efficace questo ruolo. Il progetto esecutivo diviene pertanto l'unico elemento di connessione tra l'ideazione del progetto e l'esito finale. Per questo motivo, a partire dal modello sopra citato, la ricerca ha sviluppato due strumenti di supporto alla progettazione esecutiva.

Si tratta di un *Framework* semiotico di trasposizione dei concetti e delle idee progettuali negli elementi costruttivi e costitutivi del progetto, successivamente esplicitato in una *Faceted Taxonomy* che articola il modello e lo porta in un piano operativo per poterlo applicare ai vari stadi della progettazione. I due strumenti

els are needed to read and understand the concepts underlying the creative process, and consequently to understand how they have been translated from the detailed design into forms, technologies, materials and details so that during the phases of the work's development the initial idea and desired quality are not lost.

With this in mind, a multidisciplinary research project¹ was launched focused on the reading and interpretation of architectural projects through a semiotic approach that breaks them down into the elements of their language. The study, which is still ongoing, is being carried out through European and national research projects².

The objective is the development of a logical-semiotic model on which to base the development of cognitive tools to support the management of the building process and detailed de-

sign, where the expressive substance of the project finds its ultimate definition. This intent is founded on the assumption that the quality of the project is based on the consistency between ideas and its development through the executive phase and the definition of the details that «express what the basic idea of the design requires at the relevant point in the object» (Zumtor, 1998). However, this is not always a fully shared consistency. While for some, in fact, details are considered important – «they are the evidence of a necessary mediation between the way in which we see a building and the way we feel a building» (Ford 2011) – even if not strictly necessary to express the idea of design, for other architects, especially among those³ whose design method is based «on time and movement, producing a dynamic and flexible architecture through an animated

hanno la funzione di supporto del processo di concezione del progetto, guidandolo dalla fase embrionale dell'idea di partenza sino alla definizione degli aspetti tecnologici e di dettaglio, all'interno di una logica di continuità che annulla le discrepanze e le incoerenze che possono sopraggiungere nel salto di scala e nella trasposizione in costruito dell'idea generale. La struttura semantica della tassonomia ne permette inoltre l'integrazione nei *tool* digitali di supporto alla progettazione, come *repository* di contenuti inerenti ai mondi dell'architettura e della tecnologia, soprattutto in ambienti di progettazione assistita come il BIM, sempre più utilizzati nelle fasi di progettazione esecutiva.

Metodologia e risultati

Il modello semiotico sviluppato ha le sue origini negli studi di Hjelmslev, ripresi successivamente da Greimas e dalla Scuola di Parigi, che suddividono il “segno” di una lingua in due livelli, il “piano dell'espressione” e il “piano del contenuto”, attuando poi una seconda distinzione tra “forma” e “sostanza”. Questa doppia struttura genera quattro diversi livelli di suddivisione di una lingua: “forma del contenuto”, “forma dell'espressione”, “sostanza del contenuto” e “sostanza dell'espressione” (Hjelmslev, 1968). Per comprendere questo modello possiamo immaginare che il linguaggio (letterario, visivo, architettonico) sia un costruito che partendo dalla massa amorfa del pensiero, attraverso delle regole (forma del contenuto) le dia forma e contemporaneamente ne focalizzi un senso (sostanza del contenuto); il concetto così generato è comunicato attraverso elementi concreti e materiali, come per esempio il suono nel caso della comunicazione verbale o l'inchiostro nella comunicazione scritta (sostanza dell'espressione), entrambi strutturati secondo regole grammaticali

process of formal design» (Pongratz and Perbellini, 2000), details are almost superfluous. But even in this vision, the expressive outcome of the work of architecture is the result of a process of signification that translates a profound concept into design actions that are reflected in the detailed design, and this process must be understood and governed.

The detailed design and the tools of the logical-semiotic model

The detailed design is therefore the tool that guarantees protection of quality and logic to the conceptual transition between conception and realisation. Even the construction management would play a critical role, but the public tender regulations often do not guarantee the continuity of the work team, making this role less effective. The detailed design therefore be-

comes the only element of connection between the project's design and the final outcome. For this reason, starting from the model mentioned above, research has developed two tools to support the detailed design phase.

It is a semiotic “Framework” for the transposition of design concepts and ideas into the constructive and constitutive elements of the project, subsequently explained in a “Faceted Taxonomy” that articulates the model and transforms it into an operational plan that can be applied to the various design stages. These tools support the project conception process, guiding it from the embryonic phase of the initial idea to the definition of the technological and detailed aspects within a logic of continuity that eliminates the discrepancies and inconsistencies that may arise in the leap of scale and in the transposition of the general idea

o lessicali (forma dell'espressione) sufficientemente stabili in un determinato contesto socio-culturale.

Questo schema di interpretazione del linguaggio, esteso ed adattato all'architettura genera il *Framework* teorico per l'interpretazione di un testo architettonico (Fig. 1). Secondo questo modello interpretativo, l'idea progettuale dell'architetto, le esigenze di carattere funzionale del progetto e il messaggio che l'opera vuole trasmettere, rappresentano la "sostanza del contenuto". Tali aspetti concettuali vengono organizzati nella mente del progettista e trasformati in testo tridimensionale attraverso la "forma del contenuto", cioè attraverso le relazioni tra i contenuti del progetto e le loro relazioni topologiche nello scenario del 'testo' progettuale; rapporti quindi tra opposizioni di senso socio-funzionale o metaforico (privato/pubblico, servente/servito, umano/divino, ecc.), sia opposizioni di carattere localizzativo (centrale/periferico, interno/esterno, aperto/chiuso, ecc.); in altre parole, la cosiddetta "tipologia funzionale" come i grafi distributivi o i modelli topologici.

L'idea progettuale così strutturata prende forma attraverso le strutture di tipiche dell'architettura e che appartengono al livello della "forma dell'espressione". Esse sono ad esempio la topologia spaziale, ovvero la tipologia formale, i ritmi modulari di piante e facciate e il sistema delle linee di contorno di coperture, ordini costruttivi, forature, etc. Infine, il progetto si manifesta ai nostri recettori sensibili attraverso la "sostanza dell'espressione" corrispondente alle scelte di materiali, tecnologico-costruttive e di dettaglio, con i loro attributi materico-percettivi, in particolare visivi e tattili (opaco, trasparente, chiaro, scuro, lucido, ruvido, ecc.).

La trasposizione del *Framework* nella *Faceted Taxonomy* – per ottenere una 'sistemica' utile ad individuare gli invarianti strut-

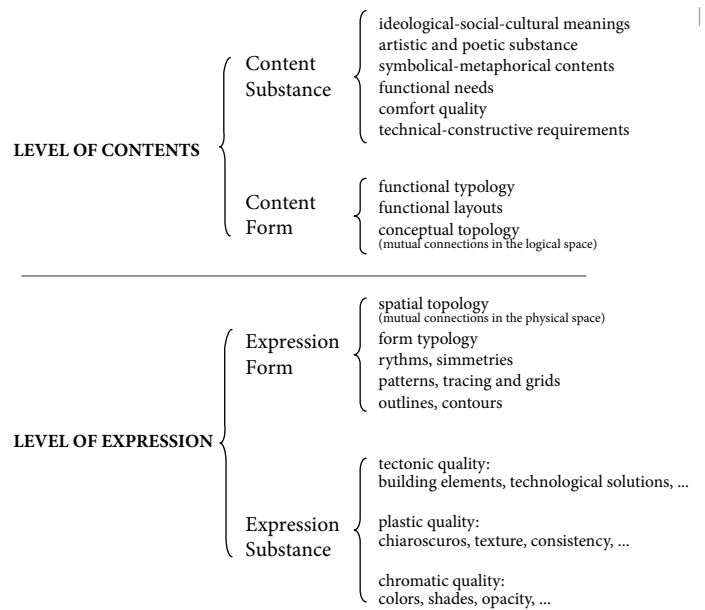
into actual construction. The semantic structure of the taxonomy also allows its integration in digital tools to support the design, like content repositories related to the world of architecture or assisted design environments like BIM, increasingly used in the phases of detailed design and the definition of specifications.

Methodology and results

The semiotic model developed has its origins in the studies of Hjelmslev, later taken up by Greimas and the Paris School, which divide the "sign" of a language into two levels, the "expression level" and the "content level", then making a second distinction between "form" and "substance". This dual structure generates four different levels of a language: "content form", "expression form", "content substance" and "expression substance" (Hjelmslev, 1968).

To understand this model, we can imagine that language (literary, visual, architectural) is a construct that, starting from the amorphous mass of thought, gives it form through rules (content form) and simultaneously focuses a sense (content substance). The concept thus generated is communicated through concrete and material elements, like sound in the case of verbal communication or ink in written communication (expression substance), both structured according to grammatical or lexical rules (expression form) that are sufficiently stable in a given socio-cultural context.

This scheme of language interpretation, extended and adapted to architecture, generates the theoretical framework for the interpretation of an architectural text (Figure 1). According to this interpretative model, the architect's design idea, the functional



turali della fase di concezione dell'idea progettuale (De Fusco, 2005) e per indicizzare e selezionare contenuti digitali inerenti al mondo dell'architettura – è avvenuta secondo logiche concettuali che seguono l'iter di ideazione e sviluppo del progetto. La tassonomia (Fig. 2) comprende 5 macro-categorie concettuali relative agli aspetti costruttivi, tecnologici, funzionali, ma anche espressivi e di senso, e 20 sottocategorie a loro volta popolate da un insieme di 2571 vocaboli⁴.

Applicazione del modello semiotico al progetto esecutivo del Campus di San Giobbe a Venezia

Localizzato nell'area dove era previsto il nuovo ospedale di Le

Gli strumenti descritti, durante la loro evoluzione e messa a punto avvenuta anche grazie a sperimentazioni concrete, sono stati applicati all'esperienza che

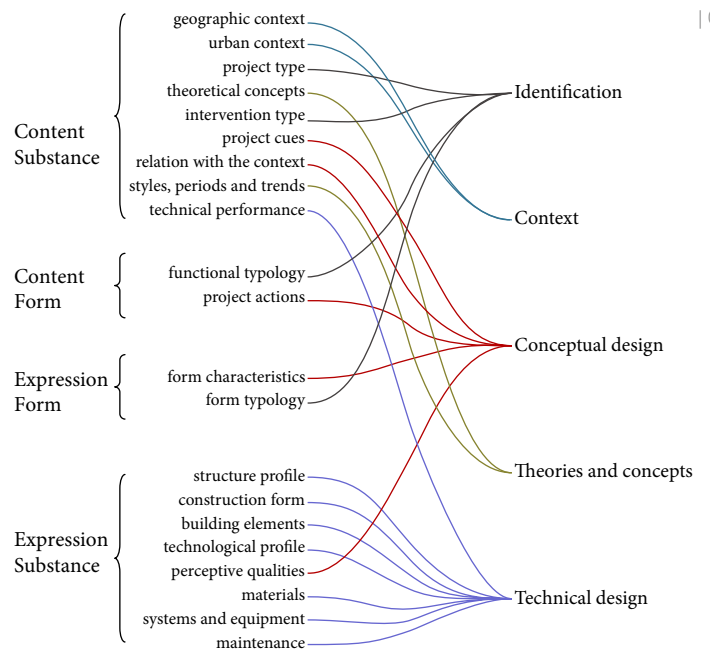
dal 1990 al 2018 ha visto la progettazione e la realizzazione del Campus dell'Università Ca' Foscari di Venezia a San Giobbe. Localizzato nell'area dove era previsto il nuovo ospedale di Le

the "expression form" level. These include, for example, spatial topology, i.e. formal typology, the modular rhythms of plants and façades and the contours of roofs, building orders, holes, etc. Finally, the project manifests itself to our sensitive receptors through the "expression substance", corresponding to the choices of technological-constructive and detailed materials with their material-perceptive attributes, particularly their visual and tactile aspects (opaque, transparent, light, dark, glossy, rough, etc.).

The transposition of the framework into the *Faceted Taxonomy* – in order to obtain "systematics" useful for identifying the structural invariants of the conception phase of the design idea (De Fusco, 2005) and for indexing and selecting digital content inherent in the world of architecture – took place according to conceptual logic

Corbusier, si tratta di uno dei progetti di recupero e nuova costruzione più rilevanti costruiti a Venezia negli ultimi due secoli (Fig. 3). L'insediamento a San Giobbe dell'Università è proceduto preservando e valorizzando le permanenze storiche del vecchio Macello dei primi dell'800 e le peculiarità del luogo, fatto di storia, tradizioni produttive e materia, come le parti murarie degli edifici e delle calli che configurano questa parte di città. Il complesso del campus si è andato costruendo riusando gran parte dei vecchi muri preesistenti, al cui interno trovava vita la macchina produttiva del Macello, rumorosa, metallica e tecnologica, incastonata nell'involucro murario compatto e austero dei muri perimetrali (Fig. 4).

Nell'inserimento della nuova macchina scientifica e didattica, «questa opposizione tra involucro storico, monolitico, pesante, materico e sedimentato, e la innovativa, flessibile, multiforme, dinamica e leggera tecnologia della macchina interna, è l'immagine caratterizzante la vecchia struttura monumentale ed insieme il filo conduttore che ha guidato il progetto, l'idea-forma che sottende sia il progetto di recupero, sia i progetti delle nuove fabbriche» (Spigai e Condotta, 2012). A partire da un progetto d'insieme così concepito, la realizzazione dell'opera, data la sua complessità ed estensione, è avvenuta per fasi attuative, ognuna caratterizzata da un progetto esecutivo. Il progetto generale ha dovuto quindi fronteggiare l'avvicinarsi di imprese diverse così come il mutamento delle normative, il rinnovamento dello staff



progettuale oltre che il mutare delle necessità dell'Università che nel corso degli anni ha modificato le sue richieste di spazi e funzioni. Di fronte alle variazioni avvenute nel tempo, per garantire che l'esito finale delle singole opere che costituiscono il campus fosse sempre coerente con i principi e i contenuti d'impostazione dell'intero progetto si è fatto un costante riferimento al *Framework* interpretativo per definire prima, nella fase ideativa, e gestire poi, nella fase di progettazione esecutiva, l'adeguatezza delle scelte di materiali, tecnologie costruttive e dettagli architettonici. Si è così preservata l'idea generale (sostanza del contenuto) attraverso un'articolazione dei vari elementi nello spazio reciproco, in un rapporto interno/esterno (forma del contenuto) che si è

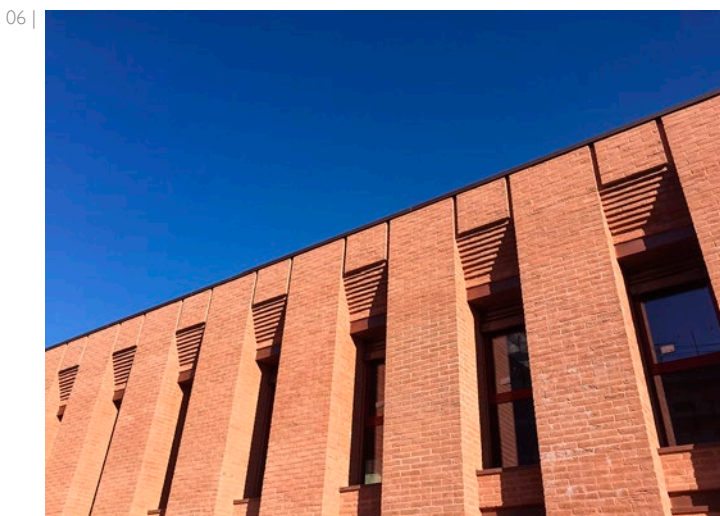


04 | Vista degli edifici dell'Ex Macello prima degli interventi
View of the buildings of the former slaughterhouse before the interventions

06 | Texture e simmetrie della muratura di nuova costruzione, foto di M. Condotta
Textures and symmetries of the masonry of new buildings, photo by M. Condotta



riflesso nell'optare (Fig. 5) per sostanze e forme espressive (sostanza dell'espressione) che restituissero materia "solida", "ruvida", "opaca" all'esterno, e al contrario "immateriale", "liscia", "lucida", "riflettente" all'interno, conformata (forma dell'espressione) in modo "simmetrico" e "unitario" all'esterno e con strutture più libere, "asimmetriche" e "complesse" nella loro disposizione spaziale all'interno. Questa traduzione dei concetti progettuali attraverso la tassonomia da un lato ha guidato in modo interdisciplinare la progettazione strutturale prevedendo una tecnologia costruttiva in muratura, simmetrica ed unitaria per gli esterni, mentre puntiforme e complessa che asimmetricamente si adatta alle varie esigenze funzionali all'interno; dall'altro ha prodotto una serie di indicazioni inserite nella progettazione esecutiva e



05 | Traduzione dei concetti progettuali attraverso il vocabolario della Faceted Taxonomy
Translation of design concepts through the vocabulary of the Faceted Taxonomy

07 | Interno delle aule didattiche, foto di Renato Dalla Venezia
Interior of the classrooms, photo by Renato Dalla Venezia

Technical Design ▶
form characteristics ▶ symmetry
form characteristics ▶ unity

Conceptual Design ▶
perceptive qualities ▶ tactile qualities ▶ rough
perceptive qualities ▶ visual qualities ▶ opaque
perceptive qualities ▶ psycho perceptive ▶ solid

Technical Design ▶
form characteristics ▶ asymmetry
form characteristics ▶ complexity

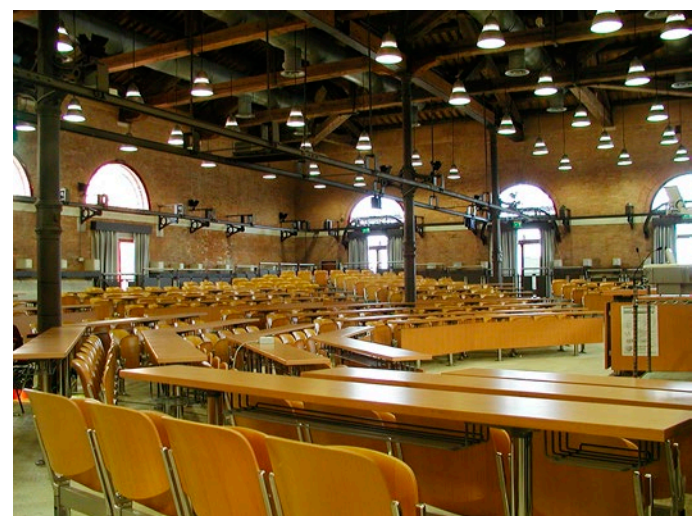
Conceptual Design ▶
perceptive qualities ▶ tactile qualities ▶ smooth
perceptive qualities ▶ visual qualities ▶ polish
perceptive qualities ▶ psycho perceptive ▶ immaterial

di dettaglio che definissero non solo il tipo di materiale – mattoni, pietra d'Istria e trachite per gli involucri esterni degli edifici, mentre acciaio, alluminio e vetro per le parti interne – ma anche le caratteristiche di prestazione percettiva, tattile e visiva che i vari materiali ed eventuali trattamenti (verniciatura, lavorazioni, texture, ecc.) dovessero restituire (Figg. 6, 7).

Gli strumenti del modello semiotico nella loro applicazione alla progettazione esecutiva introducono quindi la possibilità di ottemperare all'interno di strumenti come il *Performance Based Design* non solo *performance* prestazionali, come quelle energetiche, di benessere ambientale, strutturali, ma anche di carattere qualitativo, percettivo e culturale.

Altre applicazioni, limiti e sviluppi futuri

Oltre all'esperienza sopra descritta, la *Faceted Taxonomy*, grazie alla sua estesa articolazione, è stata utilizzata come strumento di *browsing* in alcuni motori di ricerca dedicati ai contenuti digitali sull'architettura



GREAT COURT OF BRITISH MUSEUM



Architectural Project
 Sir Norman Foster
 2004
 London

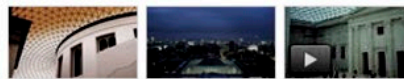
The central quadrangle of the British Museum in London was redeveloped to a design by Foster and Partners to become the Queen Elizabeth II Great Court, commonly referred to simply as the Great Court, during the late 1990s. It was opened by Queen Elizabeth II in 2000. The court has a tessellated glass roof designed by Buro Happold[1] covering the entire court and surrounds the original circular British Museum Reading Room in the centre, now a museum. It is the largest covered square in Europe.

RELATED MEDIA

PROJECT PAGES



PICTURES & VIDEOS



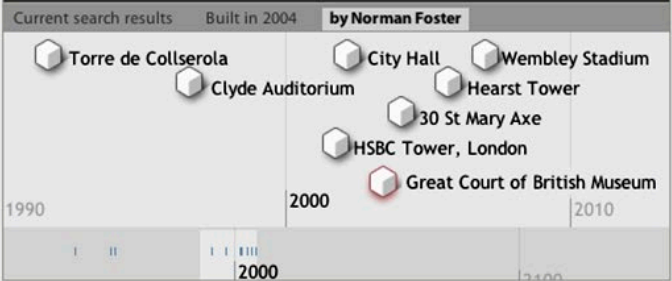
TEXTS & REVIEWS

Great Court of British Museum - semiotica reading
 Domes and rotundas — a comprehensive guide

MAP



TIMELINE



CLASSIFICATION

IDENTIFICATION

Intervention Type	restoration and building conservation widening
Project Type	Building Design
Functional Typology	museums and exhibition centers
Formal Typology	rotunda courtyard building

TECHNICAL DESIGN

Material	glass
Technological Profile	roofs domes

THEORIES AND CONCEPTS

Architectural and Artistic Trends	contemporary architecture
--	---------------------------

CONCEPTUAL DESIGN

Perceptive Qualities	transparent bright
Relation with the Context	contrast

SOCIAL METADATA

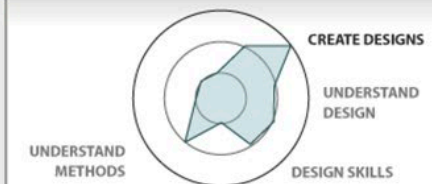
TAGS

tunnel **organic** flat Venice **toRead** Gehry

RATINGS

★★★☆☆
 average: 2.6 (2 votes)

COMPETENCES

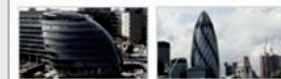


RELATED EXPERTS



SEE ALSO

VISITED TOGETHER



SIMILAR CLASSIFICATION



SEE ALSO

London - Foster, Swiss Re Headquarters
 semiotic reading of the relationship between the considered building and its city.

Norman Foster biography
 Norman Foster biography

Glass door with integral profiles
 Different systems with integral profiles in synthetic rubber which beyond function of watertight and airtight

that follows the process of project ideation and development. The Taxonomy (Fig. 2) includes 5 conceptual macro-categories related to the constructive, technological, functional, but also expressive and meaningful aspects, and 20 sub-categories populated by a set of 2,571 words⁴.

Application of the semiotic model to the detailed design of the San Giobbe Campus in Venice

During their evolution and fine-tuning, also thanks to concrete experiments, the tools described were applied to the design and construction of the Campus of the Ca' Foscari Univer-

sity of Venice in San Giobbe from 1990 to 2018. Located in the area where the new hospital of Le Corbusier was planned, this is one of the most important renovation and new construction projects built in Venice in the last two centuries (Fig. 3). The work at the University in San Giobbe proceeded

preserving and enhancing the historical remains of the old slaughterhouse of the early 1800s and the peculiarities of the place, bursting with tradition, stories and materials, like the parts of the walls of buildings and streets that make up this part of the city. The campus complex was built reusing most of

(Fig. 8) e la sua efficacia, nel suggerire contenuti appropriati, è stata testata con risultati interessanti all'interno di atelier didattici nella fase di elaborazione tecnico costruttiva dei progetti.

Partendo da queste esperienze, un nuovo scenario al quale la *Faceted Taxonomy* può contribuire in modo rilevante è quello della progettazione esecutiva gestita attraverso sistemi BIM. In questi processi la definizione dei materiali, dei componenti edilizi, delle soluzioni tecnologiche è fatta direttamente in ambiente virtuale attingendo a banche dati di prodotti e materiali da costruzione catalogati secondo parametri prettamente prestazionali, in genere senza particolare attenzione verso gli aspetti qualitativi e percettivi.

In tale contesto operativo – affinché il progetto esecutivo, attraverso le sue specifiche e prescrizioni, instauri una connessione tra gli aspetti culturali e di espressione attribuiti dal progettista a materiali e componenti edilizi, e gli aspetti ideativi e d'immagine del progetto – la 'ricerca' di tali prodotti oppure la prefigurazione delle loro caratteristiche prestazionali all'interno dei software di modellazione dovrà svolgersi assumendo anche qualità e *performance* legate alla significazione di contenuto del progetto.

Con questo obiettivo è stata recentemente avviata una nuova fase di collaborazione tra docenti e ricercatori dell'Università Iuav di Venezia, dell'Università Politecnica delle Marche e dell'Università di Firenze. La strategia è di trasformare la *Faceted Taxonomy* in sistemi di *Linked Building Data* e *Semantic Web* da integrare nelle strutture semantiche monolitiche degli strumenti BIM – imposte attraverso standard industriali (e.g. *IFC*) che mal si adattano alle esigenze di flessibilità ed espressività necessarie alla significazione dei valori progettuali – introducendo altri parametri di *performance* derivati dalla semantica dalla *Faceted Taxonomy*.

the old pre-existing walls, home to the noisy, metallic and technological machinery of the slaughterhouse (Fig. 4). With the insertion of the new scientific and didactic machine, «this opposition between the historical, monolithic, heavy, material and sedimentary surroundings and the innovative, flexible, multiform, dynamic and lightweight technology of the internal machine is the image characterising the old monumental structure and at the same time the common thread that guided the project, the idea-shape that underlies both the renovation project and the projects of the new factories» (Spigai and Condotta, 2012). Starting from an overall project conceived in this way, given its complexity and extension the actual construction took place in stages, each with a detailed design. The general project therefore had to confront the alternation of dif-

ferent companies as well as the change in regulations, the renewal of the design staff as well as the changing needs of the university that over the years revised its demands for spaces and functions. In order to ensure that the final outcome of the individual works that make up the campus was always consistent with the principles and contents of the overall project, the interpretative framework was constantly referred to in order to define during the design phase and manage during the detailed design phase the adequacy of the choices of materials, construction technologies and architectural details. This way the general idea (content substance) was preserved through an articulation of the various elements in the reciprocal space, in an internal/external relationship (content form) that was reflected in the decision (Fig. 5) to use expressive substances and forms

In questo modo, anche all'interno di una procedura progettuale complessa e basata sempre più su protocolli di interoperabilità, sistemi di certificazione e logiche di ottimizzazione dei processi e dei costi, sarà possibile far recitare al progetto esecutivo anche il ruolo di tutela dei valori ideativi e concettuali del progetto.

NOTE

¹ La ricerca, avviata dai gruppi di lavoro del prof. Vittorio Spigai dell'Università Iuav di Venezia e dal prof. Mario De Grassi dell'Università Politecnica della Marche, è stata poi sviluppata dal 2006 ad oggi attraverso progetti di ricerca nazionali ed europei, con il contributo di nuovi ricercatori coordinati da Massimiliano Condotta e Alberto Giretti.

² Progetto europeo "WINDS: *Web Based Intelligent Design Tutoring System In Architecture And Engineering*" - *Fifth Framework Programme, European Commission* (2002-2004); progetto europeo "MACE, *Metadata for Architectural Contents in Europe*" - "e-Contentplus Programme, *Content Enrichment Project*" (2006-2009); "Il portale italiano per la formazione nella progettazione architettonica e nella gestione della costruzione" - Prin 2008 (2009-2012).

³ Si pensi ad esempio ad architetti come Greg Lynn, Reiser + Umemoto, Zaha Hadid, Nonchi Wang.

⁴ La documentazione relativa si può trovare sul sito web "www.iuav.it/artec" alla sezione progetti in corso, "MACE+".

REFERENCES

Condotta, M. (2013), "Using Controlled Vocabularies for a Creative Interpretation of Architectural Digital Resources", *Getty Research Journal*, n. 5, pp. 157-163.

Ford, E.R. (2011), *The Architectural Detail*, Princeton Architectural Press, New York.

(expression substance) that are "solid", "rough", "opaque" on the outside, and on the contrary "smooth", "polished" and "immaterial" on the inside, conforming (expression form) with "symmetry" and "unity" with the outside and with freer structures, conveying "asymmetry" and "complexity" in their interior spatial arrangement. This translation of design concepts through taxonomy has, on the one hand, guided the structural design in an interdisciplinary manner, which has provided for a masonry construction technology that is symmetrical and unitary on the outside, and complex with pillars that asymmetrically adapt to the various functional needs on the inside. On the other hand, it produced a series of precepts included in the detailed design that defined not only the type of material – brick, Istrian stone and trachyte for the exteriors of the buildings,

and steel, aluminium and glass for the interiors – but also the characteristics of perceptive, tactile and visual performance that the various materials and any treatments (painting, processing and textures, etc.) should convey (Fig. 6, 7).

By applying the tools of the semiotic model to the detailed design it therefore becomes possible to use tools like Performance Based Design not only for energy, environmental welfare and structural performance, but also for qualitative, perceptual and cultural characteristics.

Other applications, limits and future developments

In addition to the experience described above, thanks to its extensive articulation, Faceted Taxonomy has been used as a browsing tool in some search engines dedicated to digital content on

Fuertes, A., Casals, M., Forcada, N., Giretti, A., De Grassi, M., Apelt, S. and Eisenhauer, M. (2007), "MACE eContentplus Project: Metadata for Architectural Contents in Europe", *Proceedings of the IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Reutilizable*, Madrid.

Hjelmslev, L. (1968), *I fondamenti della teoria del linguaggio*, Einaudi, Torino.

Pongratz, C. and Perbellini, M.R. (2000), *Nati con il computer. Giovani architetti Americani*, Testo & Immagine, Torino.

Spigai, V. (1994), *Comporre per frammenti di memoria*. Rapporto di ricerca CNR - Progetto Finalizzato Edilizia, Ancona.

Spigai, V. (1995), *L'architettura della non città. Ridisegnare le periferie*. Città Studi Edizioni, Milano.

Spigai, V. and Condotta, M. (2006), "Collaborative e-learning in engineering and architecture: on-line design laboratories", in Voyatzaki, M. (Ed.), *Accommodating new Aspects of Interdisciplinarity in Contemporary Construc-*

tion Teaching, Proceedings of the Fifth EAAE-ENHSA Construction Teachers' Sub-Network Workshop, Venice, pp. 47-56.

Spigai, V. and Condotta, M. (2012), "The new university pole of Ca' Foscari in the industrial derelict area of San Giobbe, Venice", in Prandi, E. (Ed.), *Community/architecture. 57 contribution from international research*, Festival Architettura Edizioni, Parma, pp. 168-171.

Stefaner, M., Dalla Vecchia, E., Condotta, M., Wolpers, M., Specht, M., Apelt, S. and Duval, E. (2007), "MACE – enriching architectural learning objects for experience multiplication", in Duval, E., Klamma, R. and Wolpers, M. (Eds.), *Creating new learning experiences on a global scale. Second European Conference on Technology Enhanced Learning*, Springer LNCS, pp. 322-336.

Vicario, G.B. (1991), *Psicologia Generale*, CLUP editore, Padova.

Zambelli, M., Janowiak, A. and Neuckermans, H. (Eds.) (2008), *Browsing architecture. Metadata and Beyond*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, Germany.

Zumtor, P. (1998), *Thinking Architecture*, Lars Muller, Baden.

architecture (Fig. 8), and its effectiveness in suggesting appropriate content has been tested with interesting results in didactic ateliers in the elaboration of the technical constructive stages of projects.

Starting from these experiences, a new scenario that Faceted Taxonomy can contribute significantly to is that of detailed design managed through BIM systems. In these processes, the definition of materials, building components and technological solutions is done directly in a virtual environment, drawing on databases of products and building materials catalogued according to pure performance parameters without considering qualitative and perceptual aspects.

In this operating context, to allow the detailed design through its instructions and procedural contents to establish a connection between the expressive

aspects of materials and building components and the creative values of the project, the "research" of these products or the outline of their performance characteristics made directly within the modelling software must be done considering also performance related to the signifying of the project's contents. With this aim in mind, a new phase of collaboration between professors and researchers from the Iuav University of Venice, the Polytechnic University of Marche and the University of Florence was recently launched. The strategy is to transform the Faceted Taxonomy into Linked Building Data and Semantic Web systems to be integrated into the monolithic semantic structures of the BIM tools – imposed by industry standards (e.g. *IFC*) that do not adapt well to the needs of flexibility and expressiveness necessary for the meaning of design values – introducing other

performance parameters derived from semantics of the Faceted Taxonomy. This way, even within a complex design procedure based increasingly on interoperability protocols, certification systems and the logics of process and cost optimisation, it will be possible for the detailed design to play the role of protecting the project's creative and conceptual values.

NOTES

¹ The study was conceived and started by the working groups of Professor Vittorio Spigai of the Iuav University of Venice and Professor Mario De Grassi of the Polytechnic University of Marche, and has been developed since 2006 through national and European research projects with the contribution of new teachers and researchers coordinated by Massimiliano Condotta and Alberto Giretti.

² The studies were: European project WINDS: Web-Based Intelligent Design Tutoring System in Architecture and Engineering – Fifth Framework Programme, European Commission (2002-2004); European project MACE, Metadata for Architectural Contents in Europe – e-Contentplus Programme, Content Enrichment Project (2006-2009); *Il portale italiano per la formazione nella progettazione architettonica e nella gestione della costruzione* - Prin 2008 (2009-2012).

³ Think for example of architects like Greg Lynn, Reiser + Umemoto, Zaha Hadid, Nonchi Wang.

⁴ The corresponding documentation and the entire taxonomy can be found on the website www.iuav.it/artec in the section Current Projects, MACE+.

Tecnologie *Plug-and-Play* e processo innovativo (*Mapping/Modelling/Making/Monitoring*) negli interventi di *deep renovation*

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Emanuele Piaia^a, Beatrice Turillazzi^b, Danila Longo^b, Andrea Boeri^b, Roberto Di Giulio^a,

^a Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Italia

^b Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Bologna, Italia

emanuele.piaia@unife.it
beatrice.turillazzi@unibo.it
danila.longo@unibo.it
andrea.boeri@unibo.it
dgr@unife.it

Abstract. *Deep renovation* è il termine con il quale la *Energy Efficiency Directive* della CE (2012/27) definisce gli interventi di ristrutturazione edilizia, economicamente vantaggiosi, che consentono di ridurre i consumi energetici di un edificio per un valore pari ad almeno il 60% rispetto alla condizione precedente all'intervento. In questo ambito il progetto di ricerca P2ENDURE, finanziato dalla Unione Europea nel quadro del programma Horizon2020, è finalizzato alla messa a punto strategie di recupero, riconversione funzionale e miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici esistenti basate sull'utilizzo di tecnologie e componentistica *Plug-and-Play* testate su 10 casi studio secondo una procedura denominata 4M (*Mapping/Modelling/Making/Monitoring*).

Parole chiave: Tecnologie *Plug-and-Play* (PnP); *Building Information Modelling* (BIM); *Deep renovation*; Edifici a elevata efficienza energetica; Sostenibilità economica.

Introduzione e contesto di riferimento

Il settore delle costruzioni è responsabile di quasi il 40% del consumo energetico, del 55% di quello elettrico e del 36% delle emissioni di CO₂ dell'intera Unione Europea (Commissione Europea, 2014): la riduzione fino al 90% di tali emissioni attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio immobiliare risulta un obiettivo strategico da raggiungere entro il 2050, sulla base degli standard indicati dalla Direttiva sulla Performance Energetica degli Edifici (EPBD 2010) e dalla Direttiva sull'Efficienza Energetica (EED 2012). L'intervento sugli edifici esistenti diventa quindi una priorità, sollecitata anche dalla loro data di costruzione che, per oltre il 90%, è precedente al 1990 (BPIE 2011). Il mediocre comportamento energetico dovuto alle prestazioni sia dell'involucro edilizio che degli impianti per il riscaldamento e condizionamento (Roaf, 2015) – che ha ripercussioni anche sul comfort ambientale inter-

no – impongono azioni di *deep renovation* che la stessa Direttiva EED 2012 definisce quali interventi di ristrutturazione edilizia, economicamente vantaggiosi, capaci di ridurre i consumi energetici di un edificio per un valore pari ad almeno il 60% rispetto alla condizione precedente. Sono azioni radicali ad approccio integrato che riguardano quindi il sistema involucro/impianti.

Quello della *deep renovation* è un percorso non privo di ostacoli economici (costi elevati, contributi pubblici minimi e ritorno dell'investimento solo a lungo termine), procedurali (frammentazione della catena produttiva), normativi (differenze tra requisiti e linee guida nazionali ed europee) e tecnici (elevata complessità ed estrema varietà tipologica) (Artola, 2016) (Economidou, 2011). È un percorso i cui vantaggi, in termini di comfort e qualità della vita, sono spesso ignorati anche da chi lo dovrebbe attivare, in particolare dai proprietari di edifici residenziali e di edifici pubblici.

Molte di queste barriere possono essere superate grazie all'applicazione di soluzioni *Plug-and-Play* (PnP), termine che nel settore dell'informatica indica componenti che possono essere utilizzati collegandoli semplicemente al computer e che, mutato anche nel settore delle costruzioni, identifica elementi funzionali, modulari e montabili a secco. Si tratta di componenti realizzati prevalentemente in fabbrica, la cui standardizzazione e *user-friendliness* semplifica l'assemblaggio in cantiere riducendo tempi e costi di realizzazione.

La capacità di ottimizzare la propria performance energetica, quella di adattare il proprio comportamento operativo alle esi-

Plug-and-Play and innovative process technologies (*Mapping/Modelling/Making/Monitoring*) in *deep renovation* interventions

Abstract. *Deep renovation* is the term coined by the Energy Efficiency Directive of the EC (2012/27) for defining economically advantageous building renovation interventions that make possible the reduction of the energy consumption of a building by at least 60% compared to the condition prior to the refurbishment. In this field, the P2ENDURE research project, funded by the European Union under H2020 programme, is aimed at developing refurbishment strategies, functional transformation and improvement of the energy performance of existing buildings based on the use of *Plug-and-Play* technologies and components tested on 10 case studies according to a procedure called 4M (*Mapping/Modelling/Making/Monitoring*).

Keywords: *Plug-and-Play* (PnP) technologies; *Building Information Modelling* (BIM); *Deep renovation*; Energy-efficient buildings; Economic sustainability.

Introduction and reference context

The building sector is responsible for almost 40% of the energy consumption, 55% of the electricity consumption and 36% of the CO₂ emissions of the entire European Union (European Commission, 2014): the reduction of up to 90% of these emissions through the improvement of the energy efficiency of the real estate assets is a strategic objective to be achieved by 2050, based on the standards set by the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD 2010) and the Energy Efficiency Directive (EED 2012).

The intervention on existing buildings therefore becomes a priority, also prompted by their date of construction which, for over 90% of them, is prior to 1990 (BPIE 2011). The mediocre energy behaviour due to the performance of both the building envelope and the heating and cooling systems (Roaf,

2015) – which also has repercussions on the internal environmental comfort – call for *deep renovation* actions that the 2012 EED Directive defines as economically advantageous building retrofitting interventions capable of reducing the energy consumption of a building by at least 60% compared to its previous condition. These are radical actions with an integrated approach that therefore concern the building envelope/MEP-HVAC system.

The *deep renovation* path is not without economic obstacles (high costs, minimum public contributions and returns on investment only in the long term), procedural (fragmentation of the production chain), regulations (differences between national and European requirements and guidelines), and technical (high complexity and extreme typological variety) (Artola, 2016) (Economidou, 2011). It is a path

genze degli utenti e la flessibilità del suo intero sistema in relazione all'ambiente e alle reti esterne (Moseley, 2017) sono le tre caratteristiche chiave di un edificio che lo definiscono come *smart*: le soluzioni PnP contribuiscono efficacemente a questa caratterizzazione.

Le strategie di recupero, riconversione funzionale e miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici esistenti basate sull'utilizzo di tecnologie PnP hanno ricadute certe su tutto il processo edilizio ma primariamente sulle metodologie di progetto e si concentrano inevitabilmente sulle fasi esecutive. Il progetto dell'interfaccia diventa un momento decisivo per il raggiungimento dei risultati programmati, sia nella fase di progettazione e controllo di produzione dei componenti che nel progetto dei dettagli costruttivi relativi allo smontaggio delle parti da sostituire e al montaggio dei nuovi elementi.

A tal fine, se utilizzata in modo corretto e coordinato, l'assistenza degli strumenti offerti dalla quarta rivoluzione industriale (Industria 4.0) quali Laser Scanner 3D, Building Information Modelling (BIM), stampanti 3D e robotizzazione, risulta indispensabile. Nel settore delle costruzioni il ricorso alle Realtà Virtuale (VR), Aumentata (AR) e Mista (MR) e l'ampliamento dell'uso del BIM nella fase di cantiere delinea un esempio significativo delle loro potenzialità.

Già nel corso della Rivoluzione Digitale degli anni '80, l'introduzione di uno strumento di rappresentazione come il CAD (Computer-Aided Design), trasferendo il progetto in un ambiente digitale, aveva permesso una precisione di dettaglio e una dilatazione della capacità creativa (Naboni, 2015) mai visti in passato; di contro aveva aggravato la nota discrepanza di *know-how* e la difficile comunicazione esistenti tra gli attori che intervengono

the advantages of which, in terms of comfort and quality of life, are often ignored even by those who should be following it, in particular by the owners of residential buildings and public buildings.

Many of these barriers can be overcome thanks to the application of the Plug-and-Play (PnP) solutions, a term that in the IT sector indicates components that can be used by simply connecting them to the computer and which, when also deployed in the building sector, identifies functional, modular and dry-mountable elements. These are components made predominantly in the factory: their standardisation and user-friendliness on-site assembly reduces construction time and costs.

The ability of a building to optimise its energy performance, adapt its operating behaviour to the needs of users and

the flexibility of its entire system in relation to the environment and external networks (Moseley, 2017) are the three key features that they define a building as smart: Plug-and-Play solutions effectively contribute to this characterisation.

The refurbishment, functional re-use and improvement strategies of the energy performance of existing buildings based on the use of PnP technologies have certain repercussions on the whole building process but primarily on the project methodologies and they inevitably focus on the manufacturing and construction phases. The design of the interface becomes a key moment for the achievement of the planned results, both in the design and production control phase of the components and in the design of the construction details related to the disassembly of the parts to be replaced and the assembly

nel processo edilizio (Sebastian, 2018) e che si caratterizzano appunto per spiccata varietà di competenze, capacità, ruoli e responsabilità.

Industria 4.0 è un modello che, diversamente dai precedenti, riesce a supportare attività e attori diversi attraverso procedure e applicazioni di simulazione integrata tra ambienti reali e digitali e i risultati sono promettenti perché interessano la sfera percettiva, che è esclusiva di uno dei fattori più critici e meno controllabili del processo, il fattore umano.

Ricerche significative correlate

Negli ultimi decenni, ma solo fino al recente – seppur ancora immaturo – avvento della stampa 3D, molti studi si sono focalizzati sugli impianti e sugli elementi di involucro edilizio dotati di elevate prestazioni energetiche, favorendo un intenso processo di trasformazione che è stato caratterizzato dal perfezionamento di tecnologie già disponibili più che dall'introduzione di configurazioni e procedure radicalmente innovative (Antonini, 2014).

Più recentemente, in un contesto di riferimento in grande evoluzione e rispondendo anche ad una richiesta di innovazione da parte dell'industria delle costruzioni che opera nel campo della deep renovation, temi quali la progettazione, la produzione e la digitalizzazione – particolarmente se integrati – sono infine diventati oggetto di progetti di ricerca e sperimentazione, nazionali ed internazionali. Questi ultimi sono stati in larga parte finanziati dalla Commissione Europea nell'ambito degli ultimi due programmi quadro confermando la riqualificazione spinta del patrimonio edilizio esistente come centro della sua strategia di transizione energetica.

of the new elements.

To this end, if used correctly and in a coordinated manner, the assistance of the tools offered by the fourth industrial revolution (Industry 4.0) such as 3D Laser Scanners, Building Information Modelling (BIM), 3D printers and robotization, is essential. In the building sector, the use of Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) and Mixed Reality (MR) and the expansion of the use of BIM in the construction stage outlines a significant example of their potential.

Already during the Digital Revolution of the 1980s, the introduction of a representation tool such as CAD (Computer-Aided Design), by transferring the project into a digital environment, allowed for a precision of detail and an expansion of the creative capacity (Naboni, 2015) never before seen in the past; conversely, it aggravated the

known discrepancy of know-how and the difficult communication existing among the actors who intervene in the building process (Sebastian, 2018) and who are characterized precisely by their marked variety of skills, abilities, roles and responsibilities. Industry 4.0 is a model which, unlike the previous ones, manages to support different activities and actors through integrated simulation procedures and applications between real and digital environments, and the results are promising because they concern the perceptive sphere, which is exclusive to one of the most critical and less controllable factors of the process, namely, the human factor.

Significant related research

In latest decades, but only until the recent – although still immature – advent of 3D printing, many studies have

Le soluzioni proposte da più di 30 progetti finanziati in questo ambito riguardano diversi aspetti quali:

- le tecnologie innovative, comprese le facciate prefabbricate PnP;
- il supporto delle tecnologie ICT (Information and Communication Technology) ai sistemi di gestione BMS (Building Management System) dell'edificio;
- l'integrazione con sistemi di energia rinnovabile RES (Renewable Energy Systems);
- la modellazione BIM e quella di simulazione delle prestazioni energetiche BPSM (*Building Performance Simulation Models*);
- i sistemi di riscaldamento, condizionamento e ventilazione avanzati HVAC (*heating, ventilation and air conditioning*);
- la geomatica avanzata;
- la stampa in 3D.

Sono soluzioni la cui semplice adozione individuale non garantisce il livello di performance che viene richiesto ad un intervento di *deep renovation* per definirsi tale (D'Oca, 2018). Le nuove procedure e le nuove soluzioni possono dirsi efficaci solo se gli aspetti tecnici, finanziari e sociali vengono sufficientemente approfonditi, con particolare riguardo – sin dalle prime fasi di progetto – sia al coinvolgimento e alla partecipazione dell'utenza, che deve essere motivata e consapevole, sia alla stima economica, che deve essere sostenibile.

Il progetto di ricerca P2ENDURE

product and process innovation for Energy-efficient building deep

All'interno di questo campo di ricerca si è collocato il progetto P2ENDURE (*Plug-and-Play*

focused on high energy performance HVAC systems and building envelope elements, favouring an intense transformation process that has been characterised by the optimization of technologies already available more than the introduction of radically innovative configurations and procedures (Antonini, 2014).

More recently, in a context of reference in great evolution and also responding to a request for innovation by the building industry that operates in the field of deep renovation, issues such as design, production and digitisation – particularly if integrated – have finally become the subject of national and international research and experimentation projects. The latter have been largely funded by the European Commission within the sphere of the last two framework programmes, thus confirming the strong redevelopment

of the existing building stock as the centre of its energy transition strategy. The solutions proposed by more than 30 projects financed in this context concern various aspects such as

- innovative technologies, including prefabricated PnP façades;
- the support of ICTs (Information and Communication Technologies) for the BMS (Building Management System) management systems of the building;
- integration with RES (Renewable Energy Systems);
- BIM modelling and BPSM (Building Performance Simulation Models);
- advanced HVACs (Heating, Ventilation and Air Conditioning);
- advanced geomatics;
- 3D printing.

These are solutions the simple individual adoption of which is not able

renovation) cofinanziato per 4 milioni di Euro dalla Commissione Europea nell'ambito del programma di H2020 “*Reducing energy consumption and carbon footprint by smart and sustainable use*” sul tema “EE-10-2016 - Supporting accelerated and cost-effective deep renovation of buildings through Public Private Partnership (EeB PPP)” per il quadriennio 2016-2020 (Fig. 1).

Si tratta di una Innovation Action (IA) condotta da un Consorzio di 16 partners pubblici e privati (8 Piccole e Medie Imprese, 5 grandi imprese, 2 Università e 1 ente locale pubblico) di 5 paesi della Comunità, coordinato dalla società olandese DEMO Consultants bv.

Il progetto di ricerca è finalizzato all'applicazione di sistemi prefabbricati PnP flessibili a basso impatto per la ristrutturazione dell'involucro e degli impianti termici o sistemi di approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili di edifici pubblici esistenti, anche storici.

La principale innovazione del progetto risiede nell'uso di procedure di stampa in 3D assistite dalla modellazione BIM del fabbricato esistente integrata dalla scansione con laser scanner 3D e da tecniche di diagnostica avanzata. Se ne prevede l'applicazione, il monitoraggio e la validazione su 10 casi studio distribuiti in 4 macro-aree geografiche, esemplari delle più frequenti tipologie di *deep renovation* in Europa.

Obiettivo strategico è il raggiungimento di un risparmio energetico del 60% in rapporto al fabbisogno energetico primario dell'edificio prima dell'intervento di recupero; obiettivi complementari della ricerca sono inoltre la riduzione del 15% dei costi di ristrutturazione e la riduzione del 50% dei tempi di realizzazione.

to guarantee the level of performance that is required for a deep renovation intervention to be defined as such (D'Oca, 2018). The new procedures and the new solutions can be said to be effective only if the technical, financial and social aspects are analysed sufficiently in depth, with particular regard – right from the early stages of the project – both to the involvement and participation of the user, who must be motivated and aware, and also to the economic estimation, which must be sustainable.

The P2ENDURE research project

Within this field of research, the P2ENDURE (Plug-and-Play product and process innovation for Energy-efficient deep renovation building) project was co-funded for 4 million euros by the European Commission under the H2020 programme “Reduc-

ing energy consumption and carbon footprint by smart and sustainable use” on the topic “EE-10-2016 - Supporting accelerated and cost-effective deep renovation of buildings through Public Private Partnership (EeB PPP)” for the 2016-2020 four-year period (Fig. 1).

This is an Innovation Action (IA) conducted by a Consortium of 16 public and private partners (8 Small and Medium Enterprises, 5 large companies, 2 Universities and 1 public local authority) from 5 Community countries, coordinated by the Dutch company DEMO Consultants B.V.

The research project is aimed at the application of low-impact flexible prefabricated PnP systems for the renovation of the building envelope and HVAC or energy supply systems from renewable sources of existing public buildings, including historic ones.

The main innovation of the project lies



L'approccio 4M del progetto P2ENDURE

cui scopo principale è la riduzione dei costi e dei tempi di esecuzione in cantiere. Le fasi sono 4: *Mapping, Modelling, Making e Monitoring* (P2ENDURE D2.1) (Fig. 2).

La fase del *Mapping* comprende le attività di raccolta di tutta la documentazione disponibile (gli *As Built*, ad esempio) e le attività di rilievo con laser scanner 3D, anche termico, in modo da stabilire le prestazioni energetiche e tecnologiche e la qualità dell'ambiente interno del fabbricato prima della *deep renovation*. Sulla base di un quadro dettagliato dello stato dell'arte viene

Il progetto propone una metodologia innovativa per fasi, definita "processo modulare 4M", il

quindi prodotto uno studio di fattibilità dell'intervento che analizzi l'eventuale cambio di destinazione o del modello tipologico e identifichi le prime soluzioni, economicamente e tecnicamente vantaggiose.

quindi prodotto uno studio di fattibilità dell'intervento che analizzi l'eventuale cambio di destinazione o del modello tipologico e identifichi le prime soluzioni, economicamente e tecnicamente vantaggiose.

La fase del *Modelling* riguarda la creazione del modello BIM e del modello BEM (*Building Energy Modelling*) dell'edificio allo scopo di produrre un progetto esecutivo corredato della simulazione delle prestazioni energetiche delle diverse soluzioni, che guidi quindi nella scelta di quelle ottimali; il modello permette anche il controllo dell'interfaccia tra l'esistente e i componenti adottati. Il risultato è un progetto contenente anche la scelta delle aziende produttrici degli elementi – scelte tra quelle presenti in

in the use of 3D printing procedures assisted by the BIM modelling of the existing building integrated by scanning with a 3D laser scanner and advanced diagnostic techniques. It is expected to be applied, monitored and validated on 10 demonstration cases distributed in 4 macro-geographical areas, representative of the most frequent types of deep renovation in Europe.

The strategic objective is to achieve energy savings of 60% in relation to the primary energy needs of the building before the renovation interventions; the complementary objectives of the research also include a 15% cut in the construction costs and a 50% reduction of the construction times.

The 4M approach of the P2ENDURE project

The project proposes an innovative methodology by phases, defined as a

"4M modular process", which main purpose is to reduce costs and construction times on site. There are 4 phases: *Mapping, Modelling, Making and Monitoring* (P2ENDURE D2.1) (Fig. 2).

The *Mapping* phase includes the activities of collecting all the available documentation (*As Built*, for example) and the 3D laser scanner survey activities, also thermal, in order to establish the energy and technological performances and the quality of the environment inside the building before the *deep renovation*. Based on a detailed picture of the state-of-the-art, a feasibility study of the intervention is produced that analyses the possible change of destination or the typological model and identifies the initial economically and technically advantageous solutions.

The *Modelling* phase concerns the creation of the BIM model and the BEM

model (Building Energy Modelling) of the building in order to produce an executive project accompanied by the simulation of the energy performance of the different solutions, which then acts as a guide in choosing the optimal ones; the model also allows for controlling the interface between the existing and the adopted components. The result is a project that also includes the selection of the manufacturers of the elements – chosen from those present in a special e-Marketplace catalogue – configured as a 5D model.

The *Making* phase is the implementation of the previous phase and includes the factory production of the components and their assembly on site. The activities are planned so that the daily life of any occupants of the building are only subjected to minimal interference. Accurate recording and documentation of the intervention are the

necessary basis for monitoring during the operational phase.

The last phase, the *Monitoring*, is conceived as a continuum throughout the entire life cycle of the building: the achievement of the expected level of energy savings is verified – following the intervention and over the years – with sensors and control instruments the data of which, connected to the BIM model, are compared and verified with those simulated during the design phase.

The support and optimisation of the 4M process is guaranteed by innovative technologies to be used *in situ*. *3D scanning*, a fast and accurate technique used as the basis for the three-dimensional digital models is innovative if LiDAR (Light - or Laser Imaging - Ranging Detection) is deployed, an optical radar via which the laser beam acquires high-resolution and very

un apposito catalogo *e-Marketplace* – configurandosi come modello 5D.

La fase del *Making* è la concretizzazione della fase precedente e comprende le attività di produzione in fabbrica dei componenti e il loro assemblaggio in cantiere. Le attività sono pianificate in modo che la vita quotidiana degli eventuali occupanti del fabbricato subisca interferenze minime. La registrazione e documentazione accurate dell'intervento sono base necessaria per il monitoraggio in fase operativa.

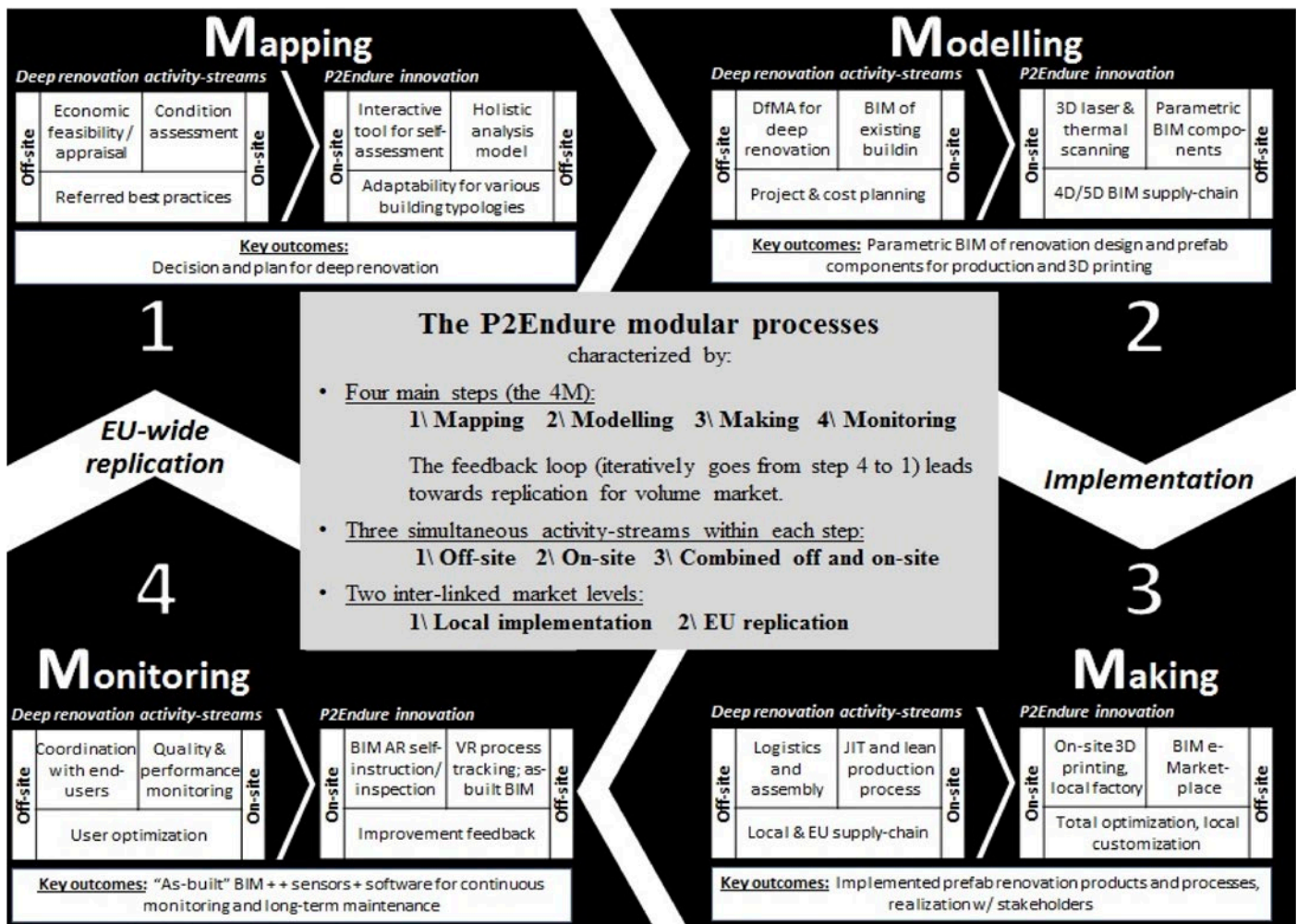
L'ultima fase, il *Monitoring*, è pensata come continua nel corso dell'intero ciclo di vita dell'edificio: il raggiungimento del livello di risparmio energetico previsto viene verificato – ad intervento avvenuto e nel corso degli anni – con sensori e strumenti di controllo i cui dati, connessi al modello BIM, vengono confrontati e verificati con quelli simulati in fase di progetto.

Il supporto e l'ottimizzazione del processo 4M viene garantito da tecnologie innovative da impiegare *in situ*.

La *scansione 3D*, tecnica veloce ed accurata usata come base per i modelli digitali tridimensionali è innovativa se si utilizza il LiDAR (*Light - o Laser Imaging - Ranging Detection*), radar ottico con il cui fascio laser acquisisce dati ad elevata risoluzione e ad altissima velocità. In P2ENDURE il modello BIM viene prodotto con:

- 1) scansione multipla dell'edificio da diverse stazioni;
- 2) registrazione ed elaborazione dei dati in cantiere o in remoto;
- 3) sviluppo del modello con softwares CAD.

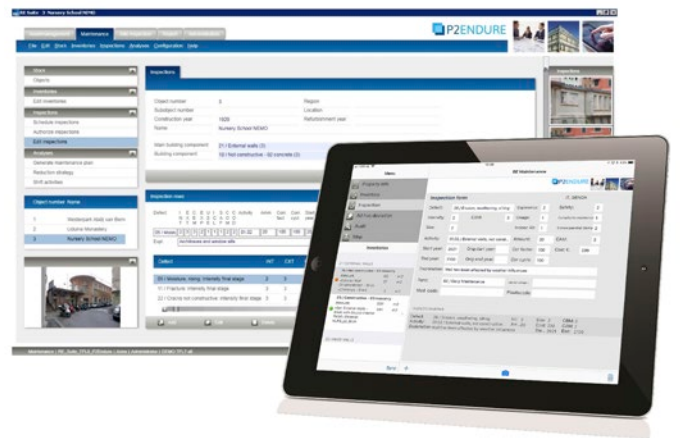
L'applicazione del software BIM Parametric Modeler, per l'ispezione nell'edificio con dispositivi mobili e del software di gestione del Life Cycle Cost (LCC) sono *app ottimizzate* in P2ENDURE per agevolare gli specialisti nella corretta programmazione e verifica degli interventi di manutenzione (Fig. 3).



La robotica e la stampa in 3D viene usata in P2ENDURE per produrre componenti di facciata completi anziché, come attualmente, il solo strato superficiale, in modo da contrarre i tempi e semplificare il montaggio. La ricerca prevede anche la stampa in cantiere di rivestimenti tramite l'uso dell'Universal Robot (bracci antropomorfi automatizzati): una piattaforma munita di binari per il movimento in orizzontale del robot viene posizionata parallelamente alla facciata da rivestire; il file contenente le istruzioni e i dati viene caricato sul robot sul quale sono montati il contenitore con il materiale da estrudere sulla facciata e la fresa che lo lavora quando il robot è in funzione (Fig. 4).

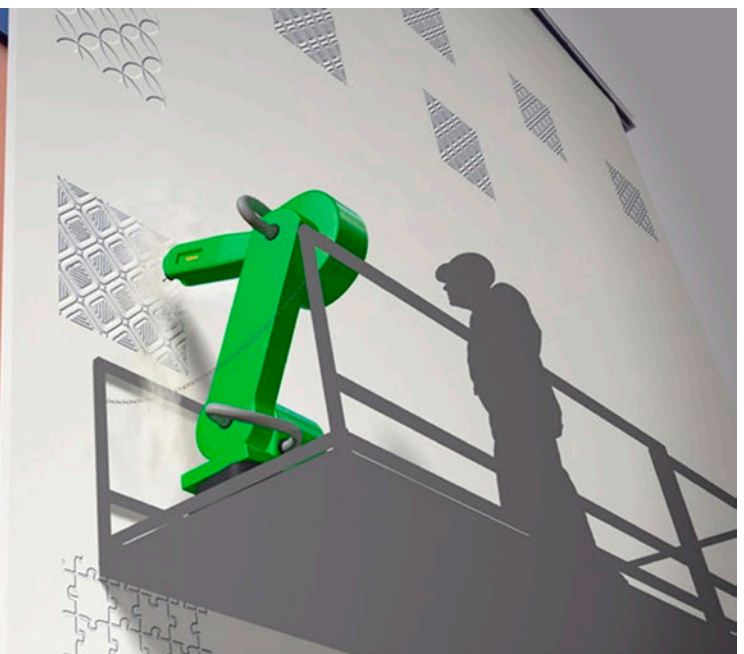
Infine, P2ENDURE si avvale di *dispositivi di monitoraggio* a basso costo di cui ne prevede un potenziamento. Un esempio è il *Comfort Eye*, composto da due apparecchiature di cui una montata sul soffitto che misura costantemente la temperatura media radiante e la seconda che monitora i parametri relativi all'aria (temperatura, umidità, ecc.). I dati sono elaborati da un sistema in grado anche di automatizzare alcune azioni correttive sugli impianti di riscaldamento e condizionamento al fine di mantenere i livelli ottimali di comfort ambientale IEQ (*Indoor Environment Quality*) (Fig. 5).

Soluzioni PnP del progetto P2ENDURE Il progetto di ricerca ha anche classificato in due categorie le soluzioni PnP disponibili nel campo del recupero, sia quelle già sul mercato che quelle allo stato di prototipo sviluppate da ricerche precedenti (Arnesano, 2018):



1. componenti PnP per l'involucro;
 2. componenti per il retrofitting degli impianti.
- Per gli elementi PnP per l'involucro sono state selezionate 4 soluzioni.

- Pannello multifunzionale della Fermacell: si tratta di un pannello per facciate con struttura in legno o acciaio che ha attinenza con il progetto grazie alla versatilità e applicabilità su edifici esistenti, all'installazione rapida (caratteristica strategica in aree urbane con aree di cantiere ridotte), alla corrispondenza con le normative vigenti sui requisiti di durabilità e comfort, alla predisposizione per l'alloggiamento sia di tubature orizzontali e verticali che di dispositivi per il condizionamento, il riscaldamento e la ventilazione scelti dagli utenti. P2ENDURE sta sviluppando il prototipo di un kit di facciata basato su questa struttura in combinazione con piani in gesso e/o cemento in classe A, già predisposto per gli impianti; la scansione 3D rientra come procedura nel kit a garanzia del corretto allacciamento delle nuove condutture con quelle esistenti.



- Pannello EASEE: è un pannello isolante prototipato dalla Maggetti Building durante il progetto europeo EASEE (Envelope Approach to improve Sustainability and Energy Efficiency in existing multi-owner residential buildings) particolarmente efficace sul piano della trasmittanza termica delle pareti; il suo spessore limitato e l'alto livello estetico lo rendono molto interessante per gli interventi sul patrimonio storico.
 - *Smart window*: si tratta di un infisso prodotto dalla Bergamo Technologie che deve il suo nome alla presenza di una lastra di vetro a bassa emissività che assorbe o riflette il calore solare in base alla sua posizione che può essere ruotata, manualmente o automaticamente, di 180°. P2ENDURE prevede di sviluppare il tema della reversibilità anche su infissi esistenti (Fig. 6).
 - Modulo residenziale additivo in copertura: è una soluzione sviluppata da PAN+ Architectuur basata sulla sopraelevazione di edifici residenziali con moduli interi costruiti con struttura in acciaio e pannelli verticali e orizzontali, completi di impianti. Se non sono presenti vincoli normativi, tecnici ed economici, questa soluzione risulta tra le più rapide.
- Per gli elementi PnP per gli impianti sono state selezionate 2 soluzioni.
- PnP HVAC della Huygen Installatie Adviseurs: gli impianti sono tutti integrati in un unico sistema/piattaforma che assicura molti vantaggi: riduzione del 40% dei costi e dei tempi di installazione, semplificazione dell'acquisto, facilità di manutenzione, peso ridotto di ogni elemento rispetto a quelli tradizionali e integrabilità con fonti da energia rinnovabile. P2ENDURE prevede di combinare tutto il sistema in un unico prodotto.

high-speed data. In the P2ENDURE project, the BIM model is produced with:

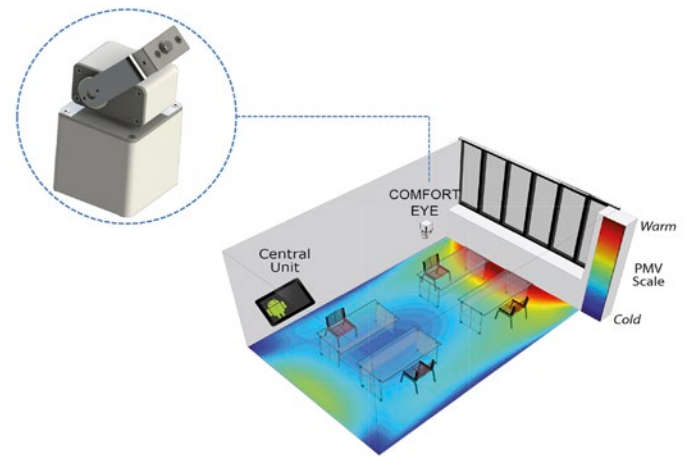
- 1) multiple scanning of the building from different stations;
- 2) recording and processing of data either on-site or remotely;
- 3) development of the model with CAD software.

The application of the *BIM Parametric Modeller* software, for inspection in the building with mobile devices and the Life Cycle Cost (LCC) management software, are *optimised apps* in the P2ENDURE project facilitate the specialists in the correct programming and verification of maintenance interventions (Fig. 3).

Robotics and *3D printing* are used in the P2ENDURE project to produce complete façade components rather than, as currently happens, only the surface layer, in order to reduce time

and simplify the assembly. The research also envisages the printing on the building site of claddings through the use of the Universal Robot (automated anthropomorphic arms): a platform equipped with tracks for the horizontal movement of the robot is positioned parallel to the façade to be cladded; the file containing the instructions and the data is uploaded on the robot on which the container with the material to be extruded on the façade and the cutter that works when the robot is in operation are mounted (Fig. 4).

Finally, the P2ENDURE project avails of low-cost *monitoring devices* for which it provides an enhancement. One example is the Comfort Eye, consisting of two devices, one of which is mounted on the ceiling that constantly measures the average radiant temperature, and the second that monitors the



- Smart connectors: sono integrati nei pannelli PnP dell'involucro in modo da velocizzare l'allacciamento con gli impianti (idraulico, elettrico, dati, ecc.).

I casi studio del progetto P2ENDURE

la fase del *Making*), che le soluzioni PnP stesse sono stati applicati in 10 casi studio, alcuni dei quali, nel corso del progetto, sono stati sostituiti a causa di ritardi, sospensione o cancellazione degli interventi.

Sia l'approccio 4M, con le procedure e le tecnologie proprie di ogni sua fase (ad oggi è in corso

air parameters (temperature, humidity, etc.). The data are processed by a system that is also able to automate several corrective actions on the heating and air conditioning systems in order to maintain the optimal levels of IEQ (Indoor Environment Quality) environmental comfort (Fig. 5).

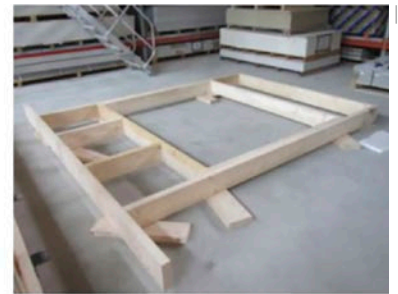
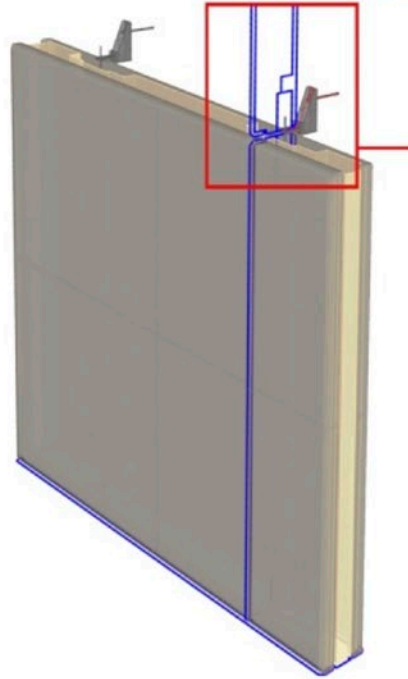
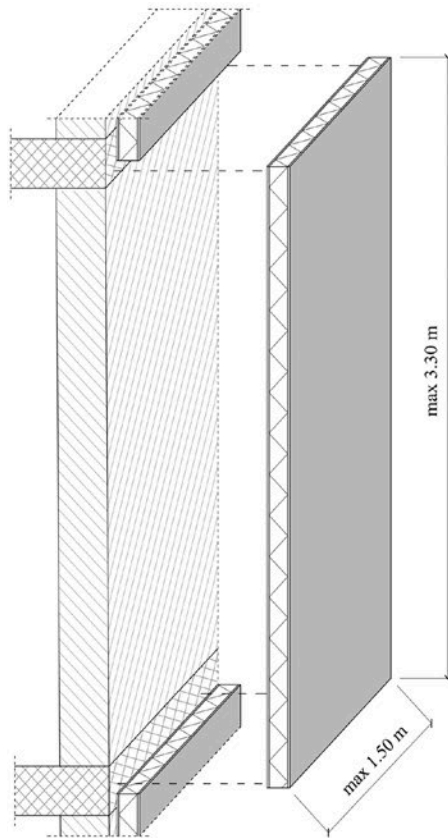
PnP solutions of the P2ENDURE project

The research project has also classified the PnP solutions in two categories available in the recovery field, namely, those already on the market and those in the prototype stage developed by previous research (Arnesano, 2018):

1. PnP components for the building envelope;
2. components for MEP-HVAC systems.

Four solutions were selected for the PnP elements of the building envelope.

- The Fermacell multifunctional panel: this is a panel for building façades realized with wooden or steel structure. The main advantage proposed by this solution is related to its versatility and applicability on existing buildings, fast installation (strategic feature in urban areas with reduced construction areas), correspondence with the regulations in force on the durability and comfort requirements. Moreover, it proposes high predisposition for laying both horizontal and vertical pipes as well as the air-conditioning, heating and ventilation devices selected by the users. The P2ENDURE project is currently developing the prototype of a façade kit based on this structure in combination with plaster and/or concrete levels in class A, already set up for the systems; 3D scanning forms part of the kit as the



- procedure for guaranteeing the correct connection of the new conduits with the pre-existing ones.
- The EASEE panel: this is an insulating panel that was prototyped by Magnetti Building during the European project, EASEE (Envelope Approach to improve Sustainability and Energy Efficiency in existing multi-owner residential buildings) which is particularly effective in terms of thermal transmittance of the walls; its limited thickness and high aesthetic level make it very interesting for interventions on the historical heritage.
- Smart window: this is a frame produced by Bergamo Tecnologie S.r.l. that owes its name to the presence of a low-emissivity glass plate that absorbs or reflects solar heat based on its position which can be rotated, both manually and automatically, by

- 180°. The P2ENDURE project plans to develop the theme of reversibility also on existing frames (Fig. 6).
 - Additional residential roofing module: this renovation strategy is developing by PAN + Architectuur based on the adding of upper storeys on residential buildings with entire modules built with a steel structure and vertical and horizontal panels, complete with systems. If there are no regulatory, technical or economic constraints, this solution is among the fastest.
- Two solutions were selected for PnP elements for the installations.
- HVAC PnP by Huygen Installatie Adviseurs: the systems are all integrated in a single system/platform that offers numerous advantages: a 40% cut in installation costs and times, simplified purchase, easy maintenance, low weight of each

- element compared to the traditional ones and integration with renewable energy sources. The P2ENDURE project plans to combine the whole system into a single product.
 - Smart connectors: these are integrated in the PnP panels of the envelope in order to speed up the connection with the installations (hydraulic, electric, data, etc.).
- The demonstration cases of the P2ENDURE project**
- Both the 4M approach, with its own procedures and technologies of each phase (the *Making* phase is currently underway), and the PnP solutions themselves have been applied in 10 demo cases, some of which, during the project, had to be replaced due to delays, suspension or cancellation of the interventions. In all the demo cases the activities foreseen in the first two phases were

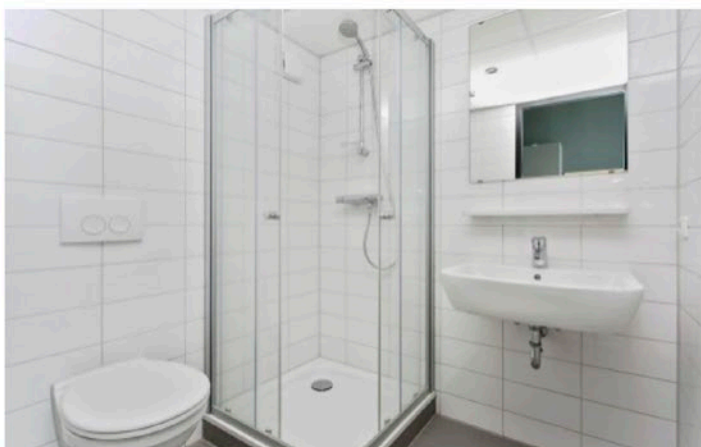
carried out (*Mapping* and *Modelling*) without any particular difficulties emerging except for the effort required to recover as much information as possible on the energy behaviour of the buildings: the comparison followed by the validation of the results after the interventions requires precise and homogeneous data with regard to the calculation methods. Specific guidelines concerning data collection and usable calculation software have been developed and used by BEM modellers.

The *Making* phase, which has only just been started, is the most delicate and demanding. The case studies in which the broadest spectrum of P2ENDURE PnP solutions is about to be applied include the Gdyna and Warsaw childcare centres in Poland and the Enschede residences in the Netherlands. In both buildings in Poland, the interventions concern the application

Su tutti i casi studio sono state eseguite le attività previste nelle prime due fasi (*Mapping* e *Modelling*) senza che emergessero difficoltà particolari se non lo sforzo di recuperare più informazioni possibili sul comportamento energetico degli edifici: la comparazione e poi la validazione dei risultati dopo gli interventi necessita di dati precisi e omogenei quanto a modalità di calcolo. Specifiche linee guida in merito alla raccolta dei dati e ai

softwares di calcolo utilizzabili sono state elaborate e utilizzate dai modellatori BEM.

La fase del *Making*, appena iniziata, è la più delicata ed impegnativa. I casi studio in cui sta per essere applicato il più ampio spettro delle soluzioni PnP di P2ENDURE sono: gli asili nido di Gdyna e di Varsavia in Polonia e le residenze di Enschede in Olanda.



In Polonia, in entrambi gli edifici, gli interventi riguardano l'applicazione dei pannelli di facciata multifunzionale della Fermacell (Fig. 7), l'installazione delle *smart windows* prodotte dalla Bergamo Tecnologie e, solo nell'asilo di Varsavia, la sopraelevazione con il modulo progettato da PAN+ architectuur.

In Olanda, invece, le soluzioni riguardano la parte impiantistica: le camere verranno equipaggiate ciascuna da un modulo – smontabile – di bagno completo di sanitari e tubazioni e sull'intero edificio verranno applicate strutture prefabbricate contenenti la reti per le nuove pompe di calore (Fig. 8).

Risultati del progetto P2ENDURE

Il progetto si trova a metà del terzo anno di ricerca e, seguendo ancora la scansione per fasi

del metodo 4M, è possibile tracciarne i risultati, ottenuti e potenziali e le difficoltà emerse (Sebastian, 2018).

Sia la procedura protocollata che assiste la scansione in 3D e la successiva modellazione BIM che l'applicazione *BIM Parametric Modeler* la quale, importando il modello e scomponendolo, funziona da guida in merito al tipo e al numero di interventi da effettuare, sono i risultati più interessanti della fase *Mapping*. Il limite è la mancanza di un metodo totalmente automatizzato di trasformazione della nuvola di punti del rilievo in 3D in un modello BIM.

La fase *Modelling* ha prodotto procedure di calcolo del comportamento energetico risultanti in un BEM anch'esso importabile nell'applicazione *BIM Parametric Modeler* anche se emergono ancora difetti di interoperabilità.

I primi risultati della fase *Making* sono le soluzioni stesse in corso di assemblaggio nei casi studio. La scarsa disponibilità dei

of Fermacell multifunctional building façade panels, the installation of the smart windows produced by Bergamo Technologies and, only in the Warsaw childcare centre, the creating of an upper floor with the strategies proposed by PAN + Architectuur (Fig. 7).

In the Netherlands, instead, the solutions regard the installation part: the rooms will each be equipped with a bathroom module – which can be dismantled – complete with all sanitary fixtures and pipes and prefabricated structures containing the networks for the new heating pumps will be applied to the entire building (Fig. 8).

Results of the P2ENDURE project

The project is currently in the middle of its third year of research and by still following the 4M scanning method of the phases, it is possible to trace both the already obtained and potential re-

sults, and the difficulties emerging (Sebastian, 2018).

The most interesting results of the *Mapping* phase concern the registered procedure that assists the 3D scan and the subsequent BIM modelling, and the *BIM Parametric Modeler* application which, by importing the model and breaking it down, acts as a guide with regard to the type and number of interventions to be performed. The limit is the lack of a totally automated method of transforming the 3D point cloud survey into a BIM model.

The *Modelling* phase has produced calculation procedures of the energetic behaviour resulting in a BEM that are also importable in the *BIM Parametric Modeler* application, even though some interoperability defects still emerge.

The first results of the *Making* phase include the solutions themselves dur-

ing the assembly in the demonstration cases. The limited availability of property owners and managers partly limits the expansion of the possible applications that could be adopted.

The *Monitoring* phase will begin with completed interventions, also assisted by the devices (Comfort Eye) already installed and the data of which on the quality of the internal environment, detected before and after the intervention, will certify the outcome of the operation. Ethical constraints and data interchange must be examined and if necessary, overcome.

Conclusioni

Le tematiche sulle quali sta lavorando il progetto P2ENDURE si inquadrano in uno dei tanti scenari che la quarta rivoluzione industriale ha aperto in questi ultimi anni nel settore delle costruzioni.

Con l'obiettivo puntato sugli interventi di recupero e riqualificazione gestiti in regime di partenariato pubblico-privato, la ricerca sta sperimentando metodologie, procedure e tecnologie innovative in un contesto nel quale l'innovazione deve spesso fare i conti con innumerevoli barriere.

L'efficacia di tali strumenti, la spinta innovativa che potranno generare, dipenderà dalla loro adattabilità alle caratteristiche particolarmente variabili di questo segmento, complesso ma decisamente strategico, dell'industria delle costruzioni. Si misurerà, in particolare, nei progetti di *deep renovation* da realizzare in comparti del patrimonio esistente sottoposti, come avviene nella maggior parte dei casi quando si opera nei centri storici, a vincoli e restrizioni.

La sperimentazione degli strumenti e delle tecnologie messi a punto in P2ENDURE è tuttora in corso. I risultati finora raggiunti hanno messo in evidenza le sue potenzialità, non solo in

renovation and redevelopment interventions managed in a public-private partnership system, the research is experimenting with innovative methodologies, procedures and technologies often has to break down innumerable barriers.

The effectiveness of these tools and the innovative drive they can generate, will depend on their adaptability to the particularly variable characteristics of this complex but decidedly strategic segment of the building industry. The effectiveness will be measured, in particular, in *deep renovation* projects to be carried out in compartments of the existing heritage which are subjected to constraints and restrictions, as in the majority of cases when operating in the historical centres.

Conclusions

The issues on which the P2ENDURE project is working fit into one of the numerous scenarios that the fourth industrial revolution has opened in recent years in the construction sector. With the objective focused on building

Le tematiche sulle quali sta lavorando il progetto P2ENDURE

si inquadrano in uno dei tanti scenari che la quarta rivoluzione industriale ha aperto in questi ultimi anni nel settore delle costruzioni.

Con l'obiettivo puntato sugli interventi di recupero e riqualificazione gestiti in regime di partenariato pubblico-privato, la ricerca sta sperimentando metodologie, procedure e tecnologie innovative in un contesto nel quale l'innovazione deve spesso fare i conti con innumerevoli barriere.

L'efficacia di tali strumenti, la spinta innovativa che potranno generare, dipenderà dalla loro adattabilità alle caratteristiche particolarmente variabili di questo segmento, complesso ma decisamente strategico, dell'industria delle costruzioni. Si misurerà, in particolare, nei progetti di *deep renovation* da realizzare in comparti del patrimonio esistente sottoposti, come avviene nella maggior parte dei casi quando si opera nei centri storici, a vincoli e restrizioni.

La sperimentazione degli strumenti e delle tecnologie messi a punto in P2ENDURE è tuttora in corso. I risultati finora raggiunti hanno messo in evidenza le sue potenzialità, non solo in

renovation and redevelopment interventions managed in a public-private partnership system, the research is experimenting with innovative methodologies, procedures and technologies often has to break down innumerable barriers.

The effectiveness of these tools and the innovative drive they can generate, will depend on their adaptability to the particularly variable characteristics of this complex but decidedly strategic segment of the building industry. The effectiveness will be measured, in particular, in *deep renovation* projects to be carried out in compartments of the existing heritage which are subjected to constraints and restrictions, as in the majority of cases when operating in the historical centres.

The experimentation of the tools and technologies developed in the P2EN-

termini di ottimizzazione e affinamento delle funzioni previste nel progetto di ricerca, ma anche di un loro sostanziale ampliamento prefigurandone un'elevata attitudine di replicabilità nei diversi paesi dell'Unione Europea.

RICONOSCIMENTI

Il progetto di ricerca P2ENDURE (<https://www.p2endure-project.eu/en>) è cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma quadro H2020 con il contratto n. 723391.

REFERENCES

- Antonini, E., Boeri, A., Gaspari, J. and Longo, D. (2014), "Innovazione di prodotto: esperienze e prospettive di collaborazione tra Università e PMI", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 7, pp. 186-193.
- Arnesano, M., Revel, G.M., Zampetti, L., Sebastian, R., Gralka, A., Bornemann, R., Willems, E., Visser, L. and Hartmann, T. (2018), "Plug- and-play product, process and sensing innovation for energy-efficient building deep renovation", *World Sustainable Energy Days (WSED2018) Proceedings*, Wels, Austria.
- Artola, I., Rademaekers, K., Williams, R. and Yearwood, J. (2016), *Boosting Building Renovation: What Potential and Value for Europe?* European Parliament, Brussels, Belgium.
- D'Oca, S., Ferrante, A., Ferrer, C., Pernetti, 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 H20202 Cluster Projects", *MDPI, Buildings*, Vol. 8, Issue 12, 174.
- Economidou, M. (2011), *Europe's Buildings under the Microscope: A Country-by-Country Review of the Energy Performance of Buildings*, Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Brussels, Belgium.
- Farzaneh, A., Carriere, J., Forgues, D. and Monfet, D. (2018), "Framework for Using Building Information Modeling to Create a Building Energy Model", *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 24, Issue 2, June.
- Moseley, P. (2017), "EU support for innovation and market uptake in smart buildings under the Horizon 2020 Framework Programme", *Buildings*, Vol. 7, Issue 4, 105.
- Naboni, R. and Paoletti, I. (2015), "*Advanced Customization in Architectural Design and Construction*", PoliMI, SpringerBriefs, Milan, Italy, 2015.
- Op 't Veld, P. (2015), "MORE-CONNECT: Development and advanced prefabrication of innovative, multifunctional building envelope elements for modular retrofitting and smart connections", *6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Elsevier, Energy Procedia* 78, pp. 1057-1062.
- P2ENDURE Deliverable Report, "D2.1 - 4M process roadmap and implementation guidelines", available at: <https://www.p2endure-project.eu/en>.
- Revel, G.M. et al. (2013), "Advanced tools for the monitoring and control of indoor air quality and comfort", *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 12, n. S11, November, pp. 229-232.
- Roaf, A., Brota, L. and Nicol, F. (2015), "Counting the costs of comfort", *Building Research & Information*, Vol. 43, pp. 269-273.
- Sebastian, R., Olivadese, R., Piaia, E., Di Giulio, R., Bonsma, P., Braun, J-D. and Riexinger, G. (2018), "Connecting the Knowhow of Design, Production and Construction Professionals through Mixed Reality to Overcome Building's Performance Gaps", *Sustainable Places 2018 Proceedings MDPI*, Vol. 2, 1153.
- Sebastian, R., Gralka, A., Olivadese, R., Arnesano, M., Revel, G.M., Hartmann, T. and Gutsche, C. (2018), "Plug-and-Play Solutions for Energy-Efficiency Deep renovation of European Building Stock", *Sustainable Places 2018 Proceedings MDPI*, Vol. 2, 1157.
- Zerjav, V., Hartmann, T. and Achammer, C. (2013), "Managing the Process of Interdisciplinary Design: Identifying, Enforcing and Anticipating Decision Making Frames", *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 9, Issue 2, pp. 121-133.

DURE project is still ongoing. The results achieved so far have highlighted its potential, not only in terms of optimisation and refinement of the functions emerged in the research project, but also of their significant development, prefiguring its high aptitude for replicability in the various countries of the European Union.

ACKNOWLEDGEMENTS

The P2ENDURE research project (<https://www.p2endure-project.eu/en>) is co-financed by the European Union within the H2020 framework programme with contract no. 723391.

Utilizzo di *game engine open-source* a supporto della descrizione di procedure di assemblaggio per l'autocostruzione

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Gian Luca Brunetti,

Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

gianluca.brunetti@polimi.it

Abstract. Questo articolo presenta e esplora la possibilità di utilizzare un *game engine* per supportare la descrizione di soluzioni di assemblaggio finalizzate all'autocostruzione. I risultati della sperimentazione corroborano l'ipotesi che l'utilizzo di *game engine* possa utilemente entrare a fare parte dell'arsenale di risorse disponibili al progettista per supportare la descrizione di modalità di costruzione. Nel caso-studio presentato, l'uso del *game engine* ha portato alla creazione di un'applicazione software in grado di consentire una analisi interattiva di procedure di costruzione scegliendo i tempi ed i punti di vista dell'esplorazione durante le fasi di lavoro.

Parole chiave: Autocostruzione; *Game engine*; *Open source*; Modellazione 3D; Istruzioni di assemblaggio.

L'evoluzione delle istruzioni di assemblaggio finalizzate alla costruzione

L'attività di autocostruzione fino alla modernità ha occupato un ruolo primario nella vita delle comunità, in un contesto in cui la trasmissione delle competenze tecniche legate all'autocostruzione avveniva soprattutto attraverso la collaborazione interpersonale. In questo quadro, l'avvento della stampa nel XV secolo ha marcato l'inizio di una lunga fase di evoluzione delle modalità di trasmissione delle competenze di costruzione, con l'effetto di rendere meno esclusiva la centralità della trasmissione interpersonale ed accelerare gli sviluppi successivi. Successivamente la tecnologia di stampa si è evoluta in modo da estendere la possibilità di riproduzione dai testi ai disegni e alle immagini, ampliando la varietà dei messaggi convogliabili attraverso i libri ed aumentandone l'utilità.

La moltiplicazione del numero di pubblicazioni di trattati tecnici avvenuta a partire XIX secolo è originata da queste premesse, ma in un contesto nel quale continuava a risultare costosa e laboriosa. I benefici derivanti dall'integrazione di conoscenze teoriche ed esperienza pratica nel campo della costruzione sono rimasti a tutt'oggi sostanziali, ma in un contesto nel quale la componen-

te della conoscenza teorica si è fatta sempre più complessa ed astratta, allontanando dall'autocostruzione un'ampia fascia di individui. In questo ambito, un'innovazione radicale è stata costituita dalla comparsa delle istruzioni di montaggio di kit prefabbricati. Questo è avvenuto a partire dalla fase tarda della rivoluzione industriale che ha avuto luogo nel XX secolo (Kranzberg and Pursell, 1967), con l'esplosione della produzione seriale, culminata nella definizione del tipo di istruzioni in stile LEGO o IKEA (Wakkary *et al.*, 2010).

Un'importante ragione del successo dell'approccio di tipo IKEA alle istruzioni di assemblaggio è che esso si presta bene alla trasmissione di conoscenze procedurali aventi come oggetto la descrizione di sequenze di operazioni finalizzate ad operare sul modo in cui dei componenti di costruzione si combinano reciprocamente nello spazio attraverso fasi di modifica successive. Si tratta però di un approccio che mette l'autore di istruzioni di fronte a necessità di scelta inerenti alla comunicazione. A questa necessità contribuisce il fatto che l'autore delle istruzioni – che ci si attende non-interattive e basate su viste statiche – è incoraggiato a servirsi di prospettive di veduta che si suppongano adeguate a rispondere ai bisogni di un ipotetico utente medio. Non stupisce che la competenza finalizzata alla creazione di istruzioni di assemblaggio sia, nel corso degli anni, divenuta via via più specializzata, anche per quanto riguarda le ricadute di ricerca (Inaba *et al.*, 2004; Argawala *et al.*, 2003). Una parte significativa delle ricerche svolte su questo tema ha riguardato la formazione e si è focalizzata sul concetto di carico cognitivo (Sweller, 1988; Merriënboer and Sweller, 2005); che ha a sua volta aperto la strada alla possibilità di razionalizzare i criteri per la valutazione dello sforzo mentale di breve termine oltre al quale la capacità

Utilization of open-source game engines for the description of construction systems suited to self-building

Abstract. This article explores the possibility of utilizing a game engine to support the description of construction solutions aimed to self-builders. The results of this experimentation strengthen the hypothesis that game engines would worth to be made a part of the arsenal of resources available to designers for supporting the description of designed objects. In the presented case study, the use of the game engine has allowed the creation of a software application giving users the ability to navigate interactively the construction procedures by choosing the pace of their exploration and their viewpoints during the work phases.

Keywords: Self-building; Game engines; Open source; 3D-modelling; Blender.

The evolution of construction assembly instructions

Throughout history up to the development of industrial approaches, self-building has played a primary role in the life of communities, especially in rural contexts, and construction skills have been transmitted across centuries through practice and mentoring, in line with what has happened to the other skills related to craftsmanship in pre-industrial times. A cause of this is the fact that proficiency in construction requires complex visualization skills and concurrent competences in several domains of expertise, which are hard to combine without the experience of practical cases and the backing of a shared common sense.

The advent of print in the XV century constituted a step forward for the propagation of building skills and knowledge, which has produced the

effect of putting the need of mentoring for the transmission of construction knowledge into a wider context. And soon after its appearance, print technology evolved in a manner which extended the possibility of printing from texts to drawings and images, broadening the messages that could be conveyed through books.

The explosion of publications of technical manuals in the XIX century evolved from that milieu, but took place in a context in which the preparation of printed images was still costly and cumbersome. The benefit of integrating theoretical knowledge and practical experience remained constant in the transition from pre-scientific, pre-industrial times to modern times; but the technical knowledge involved in that integration became more and more complex and abstract, and this evolution cut out from con-

umana di comprensione e apprendimento si riduce (Ayres and Paas, 2007).

A tale aumentata capacità di analisi si aggiunge oggi il fatto che oggi i tutorial basati su video ed animazioni hanno conquistato una parte importante dello spazio occupato dalle istruzioni di assemblaggio stampate “tradizionali”. Tale trasformazione è stata favorita dal fatto che i messaggi convogliati attraverso immagini in movimento sono caratterizzati da necessità di discretizzazione più ridotte rispetto a quelle basate su immagini statiche e possono essere accompagnati dalla parola (scritta o orale) in simultaneità. La fase più recente di tale evoluzione è stata aperta dalla comparsa di video interattivi idonei a fornire al fruitore la possibilità di scelta delle proprie direzioni di vista (Hosseini and Swaminathan, 2016) e strumenti in grado di consentire l'applicazione di annotazioni interattive a documenti video (Chiavarini *et al.*, 2017).

Estensione di prospettive generata dalla combinazione di tecnologie CAD e da gaming

Sia le tecnologie CAD parametriche, sia le tecnologie BIM richiedono che i modelli architettonici siano rappresentati staticamente, in momenti nel tempo. Ne deriva che la descrizione di sequenze di costruzione effettuata per mezzo di tali tecnologie richiede l'utilizzo di sequenze di immagini adeguate a rappresentare momenti specifici; cosa che a sua volta incoraggia, nella sostanza, l'adozione di approcci alla trasmissione dell'informazione conformi al citato “stile IKEA”. Nonostante questo, è facile rilevate come le istruzioni nel campo della costruzione si discostino spesso dal modello di riferimento originario, in particolare per il fatto

struction proficiency a whole range of individuals.

A radical innovation as regards self-building derived from the appearance of assembly instructions accompanying prefabricated kits and sets of goods in the late phases of the industrial revolution during the XX century, linked to serial production (Kranzberg and Pursell, 1967), culminated in the rise of the instruction assembly approach in the “manner” of LEGO and IKEA, which is today prominent in DIY projects (Wakkary *et al.*, 2010).

An important reason of the success of the cited kind of approach to assembly instructions is that it is very suitable for the transmission of procedural knowledge entailing sequences of operations for objects mutually combined in space through a sequence of modification phases. But this context puts the author of assembly instruc-

tions in front of the necessity of making choices regarding communication strategies.

This necessity of choice is strengthened by the fact that the author of assembly instructions (because the instructions are expected to be non-interactive and static) is usually called to choose viewpoints and target points which are likely to be suited to the needs of a hypothetical average user. No wonder that the creation of building instructions has gradually become a specialized skill, subject of researches and publications (Inaba *et al.*, 2004; Argawala *et al.*, 2003). A significant part of the researches about this topic has regarded education and has been focused on the concept of cognitive load (Sweller, 1988; Merriënboer and Sweller, 2005), which, in turn, has opened up the possibility of rationalizing the criteria for estimating the level

di puntare a fornire una rappresentazione più sintetica delle fasi di lavoro. Cosa che porta a sua volta spesso le istruzioni a risultare specialmente appropriate per coloro che si trovino già in possesso di qualche grado di conoscenza dell'arte del costruire.

Nel quadro descritto, l'integrazione di animazioni nelle istruzioni può servire a ridurre a dipendenza della qualità delle istruzioni stesse dall'abilità degli autori delle istruzioni. Questo in particolare grazie al fatto che i movimenti degli scorci visuali integrati nelle animazioni possono svolgere un ruolo chiarificatore aggiuntivo in merito alle posizioni che i componenti di costruzione occupano negli schemi di assemblaggio esplicitati nei disegni esecutivi. Molteplici studi hanno dimostrato che i vantaggi derivanti dal ricorso ad animazioni per la creazione di istruzioni di assemblaggio possono essere sostanziali (Watson *et al.*, 2010); ma solo nel caso in cui le animazioni siano concepite con empatia per le esigenze del fruitore (Tvesky *et al.*, 2000).

Anche la tesi che i *game engine* possano essere utilizzati per migliorare l'esperienza progettuale è stata avanzata nella letteratura scientifica (Coyne, 2002), motivandola con il fatto che essi introducono il fattore interattività nel quadro comunicativo, mettendo l'utente nella condizione di muoversi nel tempo e nello spazio, scegliendo le direzioni e i punti di vista; cosa che a sua volta riduce la necessità di mirare a un ipotetico utente “medio”.

Le esperienze di ricerca incentrate sull'utilizzo di *game engine* nella progettazione architettonica ne hanno dimostrato l'adeguatezza alle necessità della visualizzazione (Yan *et al.*, 2011) e la capacità di dilatare l'esperienza dell'utente (Kosmadoudi *et al.*, 2013); e molto promettenti appaiono le possibilità derivanti dalla messa a sistema di tecnologie da *gaming* e BIM (Boeykens, 2011). Eppure l'utilizzo dei *game engine* non ha finora riscontra-

of short-term mental efforts beyond which the human capability of understanding and retaining information decreases (Ayres and Paas, 2007).

To this it has to be added that today tutorials in form of videos and animations have taken a share of the cultural space once occupied by “traditional” assembly instructions; and lastly, that technological evolution has brought to the scene interactive videos (Hosseini, Swaminathan, 2016) allowing the choice of the direction of view (although not yet the point of view) on part of the viewer, as well as technologies capable to add interactive annotations and comments to videos (Chiavarini *et al.*, 2017).

Extension of perspectives compounding CAD and gaming technologies

Both parametric CAD technologies and more recent BIM technologies

require that the architectural models are represented statically, in a moment in time. As a consequence, when a construction sequence is presented via those tools, this has to be done by utilizing sequences of scenes which are finite in time, and, therefore, mostly conforming with the IKEA-style kind of instructions. But in spite of this, in the area of building construction do-it-yourself (DIY) instructions often depart from the IKEA-style, most likely because they aim to convey a more condensed view of the construction steps and, therefore, tend to set a tighter limit to the amount of information involved in the descriptions. The result of this is that even the highest quality instructions often end up being specially tailored for individuals having at least some kind of knowledge of the fundamentals of a profession pertaining construction.

to un successo proporzionale alle aspettative in ambito architettonico (Moloney, 2015). L'utilizzo più frequente di tali strumenti in tale ambito è oggi quello dell'esplorazione di ambienti virtuali; ma di un tipo di ambienti virtuali concepiti molto più per attribuire al fruitore il controllo della propria variabile "tempo" che il controllo della variabile tempo degli oggetti presenti nell'ambiente; con il risultato di mancare, il più delle volte, l'opportunità di rendere gli oggetti assemblabili e disassemblabili.

L'importanza dell'inclusione della variabile tempo nelle documentazioni di costruzione è stato oggetto di un filone di studi inaugurato da Egan (1998), che ha a sua volta generato interesse rispetto alle cosiddette tecnologie 4D-CAD e 4D-BIM (Koo and Fischer 2000; Heesom and Mahdjoubi, 2004). L'interattività resa possibile dai *game engine* ha inoltre creato le premesse per l'integrazione, nelle informazioni 3D, di informazioni ad esse complementari, come testi, disegni 2D, contenuti audio e contenuti di realtà cosiddetta aumentata. Gli studi su questa integrazione spaziano da dimostrazioni su come le rappresentazioni 3D e 2D in forma di pittogrammi possano operare in modo sinergico (Johnston *et al.*, 2016; Arguet and Jamet, 2009) a ricerche su come la realtà virtuale aumentata possa rafforzare la sinergia tra dimensioni di contenuto diverse (Syberfeldt *et al.*, 2016).

È proprio sul terreno dell'intersezione tra differenti dimensioni di messaggio che è da individuarsi la più promettente possibilità di ibridazione tra il livello di comunicazione delle istruzioni di costruzione e quello della rappresentazione esecutiva.

Caso studio

modellazione 3D integrante capacità di animazione e un game

Nel caso studio qui presentato, un'applicazione software per la

In that framework, the integration of animation in assembly instructions can reduce the authorial responsibility that comes with the need of discretizing the representation of the assembly phases, because the trajectory paths that can be added to animations can play an additional clarificatory role about the positions which are occupied, in an assembly, by its components, as described in the detailed drawings. Studies have been published assessing that the advantages entailed by the recourse to animations for assembly instructions are substantial (Watson *et al.*, 2010), but only in the case that the animations are properly devised (Tvesky *et al.*, 2000), i.e. are devised with empathy for the necessity of the user/. Which, in the case of animations aimed to accompany detailed drawings, may even be taken as a clue of the usefulness of embedding in

animations signs, languages and meta-languages which are typical of detailed drawings.

The thesis that game engines can be used for improving the design experience has also been advanced in the scientific literature (Coyne, 2002). A reason for this is that the game engine technology puts interactivity in the balance, allowing the user to choose the pace of a presentation and step back and forth through it; and also, allowing to choose both the directions of view and the points of view, and to keep moving them for maximising one's comprehension and retention rate. Game-engine technology grants indeed to users a highly tailorable experience of (virtual) space through time, deriving from the ability to personalize and adapt the message; and this condition brings, in turn, the advantage of reducing the necessity for

engine – *Blender* – è stata utilizzata per creare le istruzioni per l'assemblaggio di alcuni componenti finalizzati alla costruzione edilizia. Il software in questione è utilizzato in architettura grazie anche alla possibilità di collegamento a strumenti avanzati di simulazione ambientali (Southall and Biljeki, 2017).

La ricerca qui presentata è stata sviluppata dall'autore nel contesto di una ricerca Horizon2020 (coordinatore: Prof. Niccolò Aste, Dipartimento ABC, Politecnico di Milano; componenti dell'UdR: Claudio del Pero, Fabrizio Leonforte; titolo: "Holistic Energy and Architectural Retrofit Toolkit") includente tra gli obiettivi la definizione di sistemi di supporto per pannelli fotovoltaici integrabili in coperture preesistenti. Poiché esiste la possibilità che tali supporti vengano in futuro brevettati, il caso studio qui presentato ha però come oggetto un differente sistema costruttivo, basato su combinazioni di pannelli a telaio leggero in legno, pubblicato con una licenza open-source e reso accessibile via web (Brunetti, 2019).

Il sistema è basato sull'utilizzo di pannelli di parete e di solaio dalle dimensioni di 120x270 cm inchiodati (per contenimento dei costi) attorno a un telaio in montanti e traversi (dalla sezione minima di 5x6 cm per le pareti e 5x12 per i solai) controventati da assi di legno da 10x2 cm e isolati con materassini in lana di legno; e chiusi, verso i vani, con fogli di cartone accoppiati con un fogli di polietilene svolgenti la funzione di barriera vapore; e verso l'esterno, con strisce di fogli di polietilene sovrapposte orizzontalmente così da formare una barriera all'acqua.

La copertura della luce delle stanze con pannelli di lunghezza così contenuta è ottenuta supportando coppie di pannelli-solaio con travi di portale reticolari poste nella mezzeraia dei vani (Fig. 5).

the author of instructions to target a hypothetical "average" user.

Research experiences have also been developed for experimenting the use of game engines in architectural design for objectives as diverse as extending the possibilities deriving from integrating gaming technologies and BIM technologies (Boeykens, 2011), assessing the suitability of game engines for architectural visualization (Yan *et al.*, 2011), and augmenting the user experience (Kosmadoudi *et al.*, 2013). Nevertheless, the use of game-engines has not yet had a great uptake within the architectural community (Moloney, 2015). The most frequent use of game engines in the architectural domain is currently, by far, that of visualization for the exploration of virtual environments; but in that case, the virtual environments are mostly conceived to enable users to access

their own variable "time"; but much less to extend the control of the variable "time" to the objects constituting the environment; with the result that the objects cannot be assembled and disassembled going back and forth through time.

The strong advantage of game-engine applications is instead likely to be that they allow to include also the variable "time" in the properties pertaining the architectural scenes, and that they can do that interactively. Utilizing game engines makes possible, indeed, not only to let users change their point of view and positions within the scenes, but also to allow the objects within the scenes to be assembled and disassembled at will of the users.

The importance of including the variable time in construction documents has been the object of a stream of studies opened by Egan (1998) and

Caratteristiche delle istruzioni approntate

Le istruzioni di assemblaggio sono state strutturate per sistemi e hanno utilizzato il pannello opaco (Fig. 1) come banco di prova, per poi essere estese agli altri sistemi: pannello di solaio, pannello con finestra (Fig. 2), portali con trave reticolare (Fig. 3), fino al sistema-di-sistemi costituito da un piccolo edificio (Fig. 5). Le istruzioni sono state strutturate attorno ad una sequenza di animazioni descrittive delle fasi di costruzione e combinate in modo tale da risultare esplorabili interattivamente nell'ambito di una applicazione software autonoma dal game engine, che fornisce all'utente la possibilità di muoversi liberamente nello spazio e nel tempo di costruzione, procedurale.

La trasmissione delle specificità tecniche delle operazioni di montaggio è stata perseguita implementando nell'applicazione la possibilità di aprire flussi di informazione compresenti con le immagini tridimensionali ed ha previsto, a tale fine, la possibilità di apertura di testi descrittivi e dati tecnici in simultaneità con l'immagine dei componenti e la possibilità di apertura di disegni bidimensionali quotati descrittivi i componenti stessi. Tale strategia è stata poi completata dalla possibilità di comandare la comparsa e la scomparsa di icone segnalanti la posizione dei componenti di connessione (nel caso specifico, chiodi) nell'ambito di ciascun nodo costruttivo.

L'importanza della scelta del punto di osservazione nel quadro descritto può essere chiarita dall'esempio in figura 4, che riporta la medesima soluzione di costruzione presentata in figura 1, ma rivisitata dal punto di vista una persona che costruisca il pannello. La descrizione in figura 4 rende più agevole la comprensione delle operazioni di costruzione; ma a discapito della sinteticità

it has spawned research directions aimed to the so-called 4D-CAD and 4D-BIM technologies; i.e. CAD and BIM approaches favouring the inclusion of the variable "time" in design representations (Koo and Fischer 2000; Heesom and Mahdjoubi, 2004). And the interactivity made possible by game engines has created the premises for the concurrent transmission of complementary information, like textual information, information derived from ordinary 2D detailed section drawings, audio information, and augmented reality information. The studies in this area span from demonstrating how 3D representations and pictorial information can reinforce each other in the documents describing assemblies (Johnston *et al.*, 2016; Arguet and Jamet, 2009) to demonstrating that augmented reality can contribute to the synergetic effect of

diverse message dimensions (Syberfeldt *et al.*, 2016).

Case study

In the here presented case study, an open source 3D modelling application integrating the capabilities of animation and a game engine – *Blender* – has been used to test the possibility of combining 3D animations and interactivity for defining the assembly instructions relative to some construction components and their utilization in the construction of a small building. The tool is well-known in the field of Architecture, also due to the existence of applications enabling the connection with advanced tools for environmental analysis (Southall and Biljeki, 2017).

The strategies for conveying the construction instructions presented in this article have been developed in the

della rappresentazione, per effetto del fatto che l'oggetto deve essere spostato all'interno della scena dipendentemente dalle necessità di lavorazione.

La strategia di descrizione adottata ha dato prova di non ridurre la centralità delle decisioni "registiche" nella strutturazione dei contenuti, ma di traslarle verso livelli più alti di astrazione e flessibilità. Ha però anche dimostrato che non necessariamente le soluzioni "sceniche" che si prestano di più ad esplicitare la struttura logica di una soluzione sono anche quelle più adatte a trasmettere un'idea di come essa debba essere costruita. Questa attitudine dipende anche dalla scelta di includere o meno nella descrizione le modalità attraverso le quali si prevede che una persona debba interagire con i componenti durante l'assemblaggio.

Uno dei dati di considerazione fondamentali prodotti dall'esperienza in oggetto è quello di avere evidenziato come la creazione di istruzioni interattive possa generare conseguenze positive non solo per il fruitore, ma anche per gli autori delle istruzioni. Tale valore deriva dall'elaborazione analitica supplementare che il lavoro richiede; che a sua volta deriva da una combinazione di fattori concomitanti, come la necessità di attribuire una motivazione a tutte le operazioni di costruzione, la necessità di accompagnare la sequenza di operazioni con testi esplanatori e la possibilità di arricchire le descrizioni con disegni esecutivi in 2D.

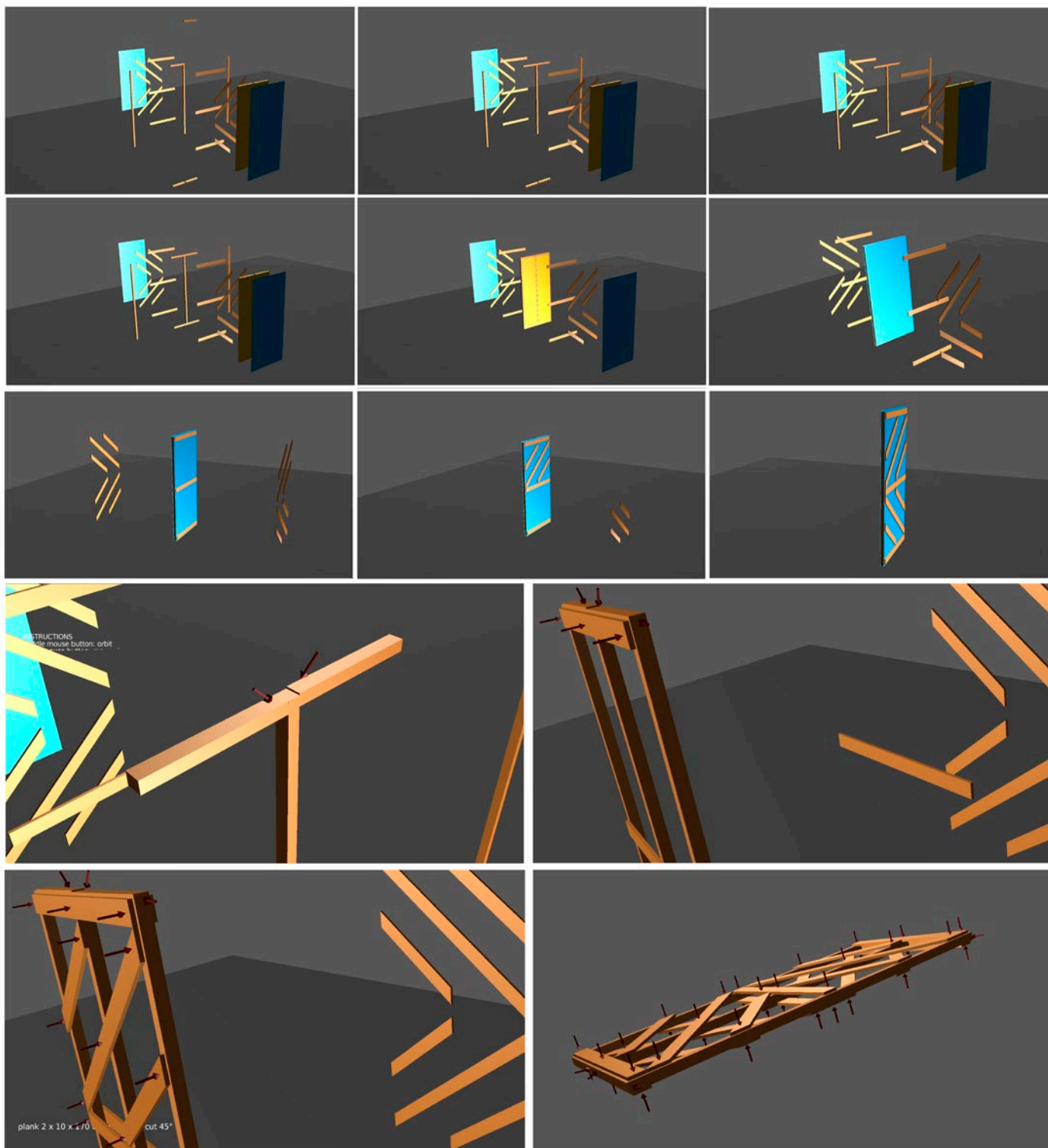
Un ulteriore dato di considerazione è emerso dalla possibilità che l'azione di creazione di istruzioni interattive possa incoraggiare il perseguimento di una auto-documentabilità degli elaborati progettuali, anche in un'accezione analoga a quella connessa alla cosiddetta "programmazione letterata", auto-documentante, proposta, nel campo dell'informatica, da Donald Knuth (1992).

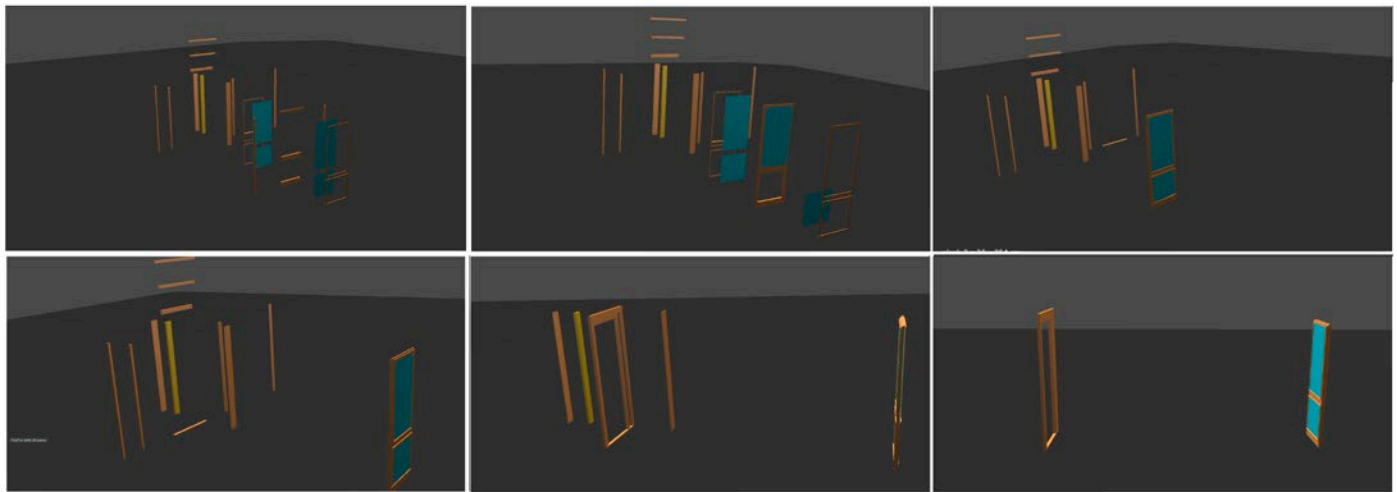
framework of a Horizon2020 research (title: "Holistic Energy and Architectural Retrofit Toolkit"; coordinator: Prof. Niccolò Aste, ABC Department, Politecnico di Milano; components of the research unit: Claudio del Pero, Fabrizio Leonforte) aimed, among other things, to design support systems for photovoltaic panels suited to be integrated into pre-existing roofs. But due the possibility that the support systems are going to be patented, those supports are not the objects that will here be utilized for illustrating the use of the game engine. In this article, the case study of a low-cost wooden load-bearing vertical panel for the construction of buildings will be instead taken into account. The construction system has been published with an open-source (GPL) license and has been made freely available on the web (Brunetti, 2019).

The system in question is modular. The panels on which it is based have dimensions of 120x270 cm and are built around a frame of battens having a minimum section of 5x6 cm for the walls and 5x12 for the floors. The bracing elements of the panels are constituted by wooden planks, and the insulation of the panels is obtained with wood-wool batts. The enclosures of the panels are constituted by cardboard coupled, on the indoor side, with a plastic foil working as a vapour barrier, and at the outdoor side, with plastic foils overlapped in horizontal strips, working as an air barrier. All the connections are nailed, in order to limit costs.

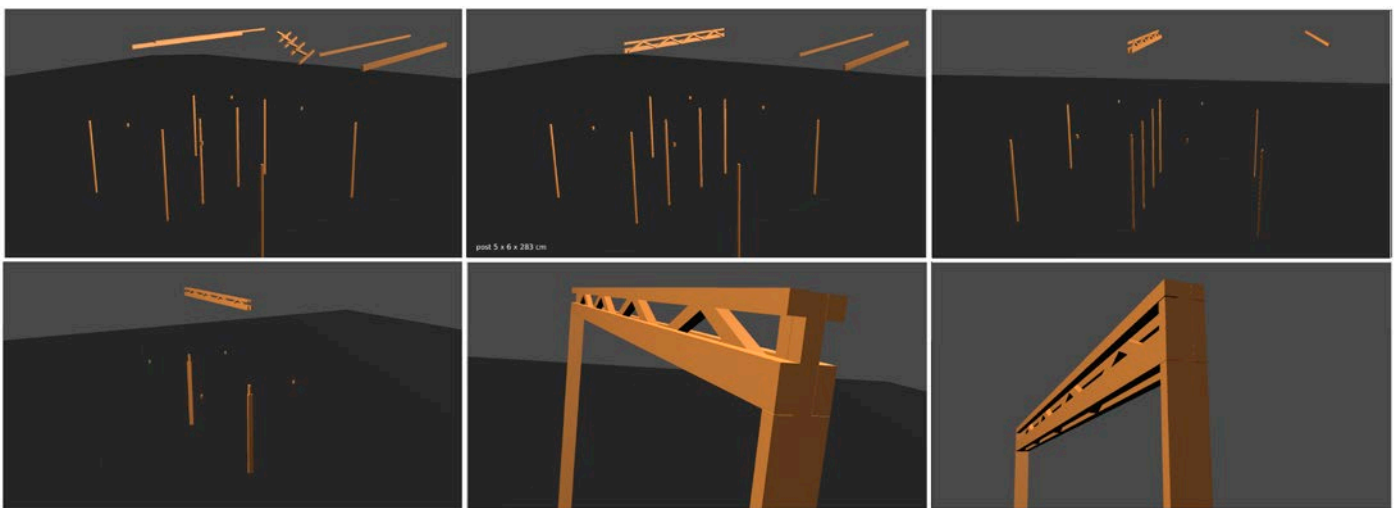
The span of a room is obtained by making two horizontal panels be supported by a portal frame - one for each side of it. Each portal is assembled from wooden elements of small sections and feature a truss beam.

01 |





| 02



| 03

Features of the assembly instructions in question

The assembly instructions have been structured by system. The instructions relative to the panels (Fig. 1) are the ones which have led the experimentations, and to which the most complete features and details have been given. Then instructions relative to the other systems have followed: the panels including the window frames (Fig. 2), the portal frames (Fig. 3) and the whole building (Fig. 5).

The instructions have been structured along the framework of animations describing the construction steps and have been made suited to be navigated by the user interactively. In that context, the user has been given the pos-

sibility to move around each scene in space, directing the objective of the camera at will, and moving back and forth through procedural time, along the construction steps.

The possibility of opening streams of parallel and complementary information has also been implemented in the application. With that purpose, a descriptive text for each construction component has been set to open up, together with detailed 2D drawings with dimensions, on the screen by moving the mouse over the component. With another interaction of the mouse, arrows signalling the positions of the nails connecting the components have been set to appear.

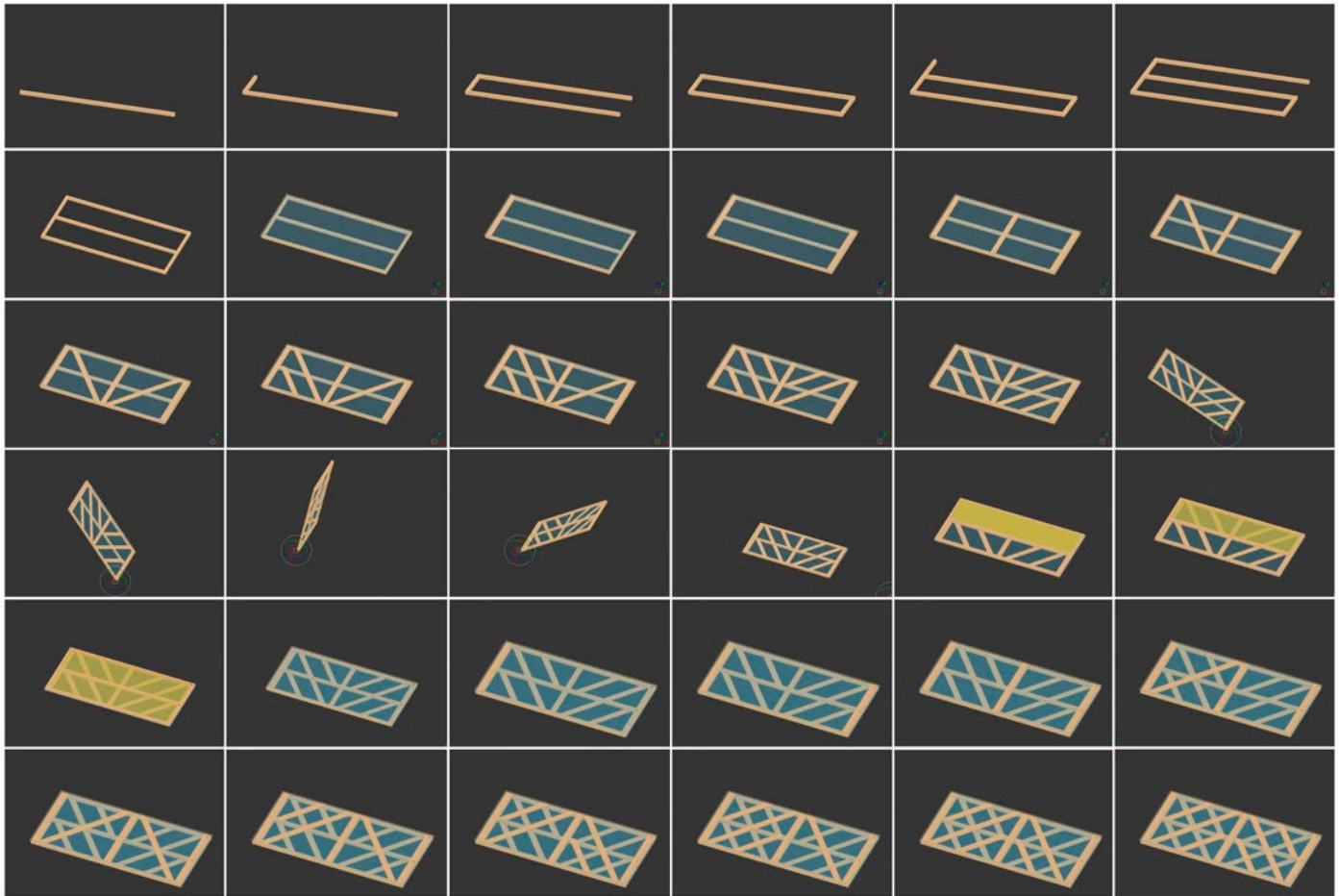
The fact that “directorial” choices have still been necessary on part of the au-

thor of the assembly instructions mostly derives from the fact that a scene configuration which is very suitable for showing the logic underlying the structure of an object (e.g. a construction component or system) is not necessarily the same as a scene which is very suitable for showing how the object can be built. This is due to the fact that the information regarding how an object is structured can embody or not within itself some information about how a person should interact with the object during the production phases; coupled with the fact that compounding the latter information does not necessarily simplify the comprehension of the construction logic.

The experience of devising these assembly instructions has shown that

utilizing a game engine does not dissolve the need of “directorial” decisions, but shifts it towards higher levels of abstraction, in particular if it is accompanied by the strategy of structuring the instructions on the basis of the construction sequences. In the example in figure 4, the same construction sequence shown in figure 1 (where it was conceived for simplifying the description of the logic structure of the solution) has been rearranged so as to take place from the viewpoint of a person constructing the panels. The result is that the description in figure 4 makes the comprehension of the operations easier, but it also makes the description of the logic structure of the system longer, because the object in question has to be moved around in the views

04 |

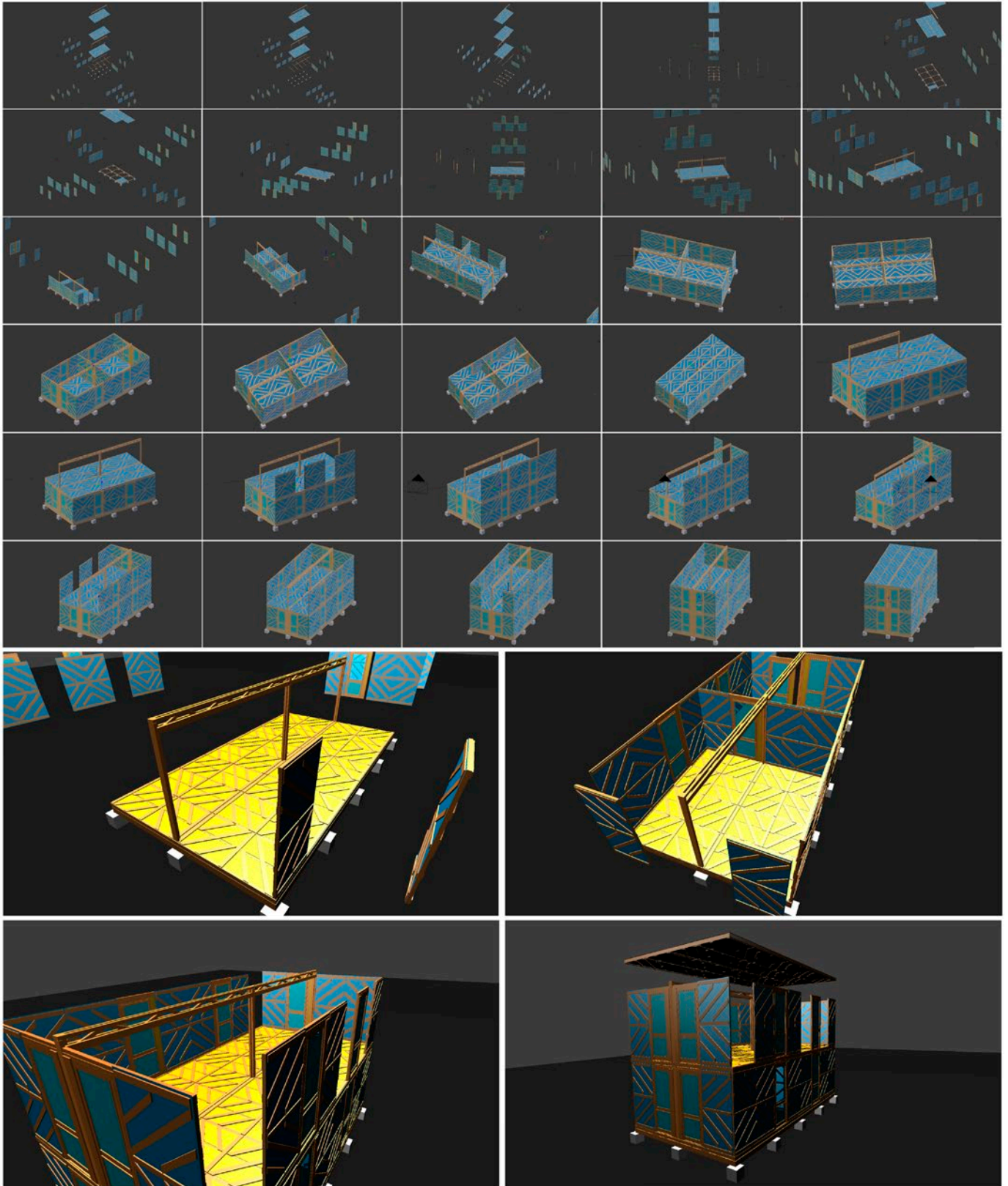


along the construction process.

A major consideration that the authors have drawn from the here presented experience is that supporting the creation of assembly instructions with a game engine can increase the awareness of the construction process not only for the user of the instructions, but also for the creators of the instructions, which is of particular value if the creators of the instructions are the designers of the thing which is being described. This value derives from the additional analytical elaboration required by the operation of creating the instructions; which, in turn, derives from a combination of factors as diverse as the necessity of explaining the construction process, the necessity of accompanying the sequence of steps with explanatory texts, and the possibility of completing the descriptions with ordinary 2D detailed drawings.

A further consideration that can be derived from the here presented experience emerges from the fact that creating interactive and animated instructions encourages the pursuit of self-documentability of projects, along the line of the so-called “literate programming” (self-documenting programming) proposed, in the field of computer science, by Donald Knuth (1992). The attainment the objective of “literate design”, self-documenting design, could be especially useful in the perspective of increasing the effectiveness of assembly instructions aimed at DIY projects (Kuznetsov and Palos, 2015), even more in consideration of the prosumer possibilities that the current DIY scenery is demonstrating to be capable of opening up (Fox, 2014). The two considerations concur to support the hypothesis that an appropriate use of interactive features included

in game engine technologies can play an important role in strengthening the awareness of both designers and design-users; and that a key reason of that possibility is that gaming technologies can enable users to utilize their own ingenuity (probably, the most adequate of resources for supporting comprehension and memorization in human beings) as a learning resource for reinforcing understanding and memorization, to their best advantage.



Il raggiungimento dell'obiettivo di una progettazione "letterata", auto-documentante, potrebbe risultare particolarmente utile nella prospettiva di un aumento dell'efficacia delle istruzioni di assemblaggio mirate al fai-da-te (Kuznetsov and Palos, 2015), ancor più in considerazione della possibilità di tipo *prosumer* che lo scenario contemporaneo sta dimostrando di potere dischiudere (Fox, 2014).

I dati accumulati convergono nel sostanziare l'ipotesi che un uso appropriato delle qualità interattive dei *game engine* possa contribuire in modo importante a supportare la consapevolezza degli utenti e dei progettisti di oggi; e che una condizione chiave di questa possibilità sia costituita dal fatto che le tecnologie da *gaming* possono mettere gli utenti nella condizione di utilizzare la propria ingenuità – sotto molto aspetti, la risorsa più adeguata a favorire le funzioni della comprensione e della memorizzazione negli essere umani – come fattore di apprendimento, a proprio completo vantaggio.

REFERENCES

- Moloney, J. (2015), "Videogame Technology Re-Purposed", *Procedia Technology*, Vol. 20, pp. 212-218.
- Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J., Louchart, S., Liu, Y. and Sung, R. (2013), "Engineering Design using game-enhanced CAD", *Computer-Aided Design*, Vol. 45 (3), pp. 777-795.
- Johnston, B., Bulbul, T., Beliveau, Y. and Wakefield, R. (2016), "An assessment of pictographic instructions derived from a virtual prototype to support construction assembly procedures", *Automation in Construction*, Vol. 64, pp. 36-53.
- Koo, B. and Fischer, M. (2000), "Feasibility study of 4D CAD in commercial construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 126(4), pp. 251-260.
- Tversky, B., Bauer Morrison, J. and Betrancourt, M. (2002), "Animation: can it facilitate?", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 57, pp. 247-262.
- Watson, G., Butterfield, J., Curran R. and Craig, C. (2010), "Do dynamic work instructions provide an advantage over static instructions in a small scale assembly task?", *Learning and Instruction*, Vol. 20, pp. 84-93.
- Heesom, D. and Mahdjoubi, L. (2004), "Trends of 4D CAD applications for construction planning", *Construction Management and Economics*, Vol. 22 (2), pp. 171-182.
- Arguel, A. and Jamet, E. (2009), "Using video and static pictures to improve learning of procedural contents", *Computers in Human Behavior*, Vol. 25(2), pp. 354-359.
- Syberfeldt, A., Danielsson, O., Holm, M. and Wang, L. (2015), "Dynamic operator instructions based on augmented reality and rule-based expert systems", *48th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, pp. 346-351.
- Sweller, J. (1988), "Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning", *Cognitive Science*, Vol. 12, pp. 257-285.
- Jeroen, J., van Merriënboer, G. and Sweller, J. (2005), "Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions", *Educational Psychology Review*, Vol. 17(2), pp. 147-177.
- Ayres, P. and Paas, F. (2007), "Making instructional animations more effective: a cognitive load approach", *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 21(6), pp. 695-700.
- Coyne, R. (2003), "Mindless repetition: Learning from computer games", *Design Studies*, Vol. 24(3), pp.199-212.
- Agrawala, M., Phan, D., Heiser, J., Haymaker, J., Hanrahan, P., Tversky, B. and Klingner, J. (2003), "Designing Effective Step-By-Step Assembly Instructions", *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 22(3), pp. 828-837.
- Inaba, K., Parsons, S.O. and Smillie, R. (2004), *Guidelines for Developing Instructions*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Yan, W., Culp, C. and Grafwan, R. (2011), "Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization", *Automation in Construction*, Vol. 20, pp. 446-458.
- Boeykens, S. (2011), "Using 3D Design software, BIM and game engines for architectural historical reconstruction", *CAAD Futures Conference*, Liege, pp. 493-509.
- Fox, S. (2014), "Third Wave Do-It-Yourself (DIY)", *Technology in Society*, Vol. 39, pp. 18-30.
- Wakkary, R., Lorenz Schilling, M., Dalton, M.A., Hauser, S. Desjardins, A., Zhang, X. and Lin H.W.J. (2015), "Tutorial Authorship and Hybrid Designers: The Joy (and Frustration) of DIY Tutorials", *CHI '15*, pp. 609-618.
- Kuznetsov, S. and Paulos, E. (2010), "Rise of the Expert Amateur: DIY Projects, Communities, and Cultures", *NordiCHI '10*, pp. 295-304.
- Brunetti, G.L. (2019), "Fileset", available at: http://figshare.com/articles/Case_study_about_the_creation_of_assembly_instructions_via_the_Blender_Game_Engine/7772768.
- Southall, R. and Biljecki, F. (2017), "The VI-Suite". *Open Geospatial Data, Software and Standards*, Vol. 2(23), pp. 1-13.
- Kranzberg, M. and Pursell, C.W. (1967), *Technology in Western Civilization*, Vol. 2, Orford, Oxford University Press.
- Chiavarini, B., Liguori, M.C., Verri, L., Imboden, S., De Luca, D. and Guidazzoli, A., "On-line interactive virtual environments in blend4web", in Cappellini, V. (Ed.), *EVA17 Florence*, pp. 117-123.
- Hosseini, M. and Swaminathan, V. (2016), "Adaptive 360 VR Video Streaming: Divide and Conquer!", *IEEE International Symposium on Multimedia*, pp. 107-110.
- Knuth D.E. (1992), *Literate Programming*, Center for the Study of Language and Information, Stanford, USA.

Sergio Russo Ermolli,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

russermo@unina.it

Abstract. La fase operativa/gestionale è quella che maggiormente risente di una inefficace organizzazione delle informazioni, avvenuta nelle fasi precedenti. L'attività di ricerca applicata ha avuto l'obiettivo di verificare la possibilità di ridurre le problematiche che insorgono tra la fase di progettazione esecutiva e quella di Management, attraverso il miglioramento dell'interazione tra i diversi protagonisti nello scambio, nella condivisione e nell'aggiornamento dei data-set informativi. Il lavoro si è concentrato sul caso studio della Apple Developer Academy a Napoli, la prima scuola in Europa per lo sviluppo di applicazioni mobili digitali, rispetto alla quale le strategie di management sono state simulate a partire dallo sviluppo di una Modellazione Informativa funzionale alla fase operativa del complesso.

Parole chiave: Data driven design; BIM; Facility Management; Apple Developer Academy.

«Prima gli edifici erano considerati come materializzazione di disegni, ma adesso, sempre più, come materializzazione di informazioni digitali» (Mitchell, 2005).

1. To start with the end in mind: con questo slogan¹ si è inteso dare risalto ad una strategia che, a monte, potesse definire un processo capace di assicurare il raggiungimento di esiti favorevoli da un punto vista organizzativo, economico e prestazionale, nelle operazioni di trasformazione dell'ambiente costruito. Al centro di tale strategia si colloca il Dato: computazionale, scambiabile, integrabile, principale generatore nella catena del valore del bene da commissionare, ideare, realizzare, fruire, gestire. Le innovazioni in ambito ICT che interessano maggiormente il settore delle costruzioni, infatti, sono prevalentemente rivolte a verificare le potenzialità di utilizzo di ampi database per ottimizzare le performance di simulazione, modellazione e materializzazione in un contesto sempre più legato a mondi ibridi, nei quali virtuale e reale interagiscono in maniera integrata. Nel corso

Digital flows of information for the operational phase: the Facility Management of Apple Developer Academy

Abstract. The operational/management phase is the one most affected by an ineffective organization of information, which occurred in the previous phases. The activity of this applied research had the objective of verifying the possibility of reducing the problems that arise between the executive phase and the Management phase, through the improvement of the interaction between the different protagonists in the exchange, sharing and updating of informational datasets. The work focused on the case study of the Apple Developer Academy in Naples, the first school in Europe for the development of digital mobile applications, with respect to which the management strategies were simulated starting from the development of an Informational Modeling functional to the operational phase of the spaces.

Keywords: Data driven design; BIM; Facility Management; Apple Developer Academy.

dell'ultimo decennio si è assistito pertanto alla progressiva diffusione di metodologie digitali che modificano in profondità sia il modo di “pensare” l'architettura, che quello di progettare, realizzarla e gestirla nel tempo, utilizzando tecnologie e strumenti *Data-driven* capaci di definire nuove processualità basate su “architetture” di informazioni. Proprio in risposta alla crescente complessità del progetto, tali sistemi informativi si configurano come “spazi” virtuali di supporto alle decisioni, riuscendo ad ottimizzare, in particolare, la fase operativa di un'opera, grazie all'utilizzo di dati provenienti dalle molteplici simulazioni prestazionali rese possibili dalla Modellazione Informativa. Le innovazioni digitali possono svolgere un ruolo particolarmente efficace proprio in tale ambito, in quanto capaci di gestire dati e informazioni in maniera estremamente dinamica ed efficiente. Il Dato quindi, proveniente dal mondo reale e inserito all'interno di modelli informativi e di simulazioni prestazionali, offre infatti possibilità di trasformazione profonda dei processi di gestione delle informazioni per il ciclo di vita di un edificio, a partire dalla fase esecutiva della progettazione.

2. Una efficace ed efficiente gestione delle informazioni che le diverse figure del processo di progettazione esecutiva devono scambiarsi, e che servono di supporto alle ulteriori fasi, viene da tempo riconosciuta come il maggior fattore condizionante gli esiti favorevoli dell'intero processo edilizio². L'indispensabile ma problematica connessione tra le fasi decisionali relative alle caratteristiche funzionali, tecniche ed economiche dell'opera e quelle finalizzate alla sua costruzione e gestione, richiede lo sviluppo di flussi informativi caratterizzati da completezza, certezza di interpretazione e autosufficienza, ovvero dalla capacità di

«Buildings were considered first as materialization of drawings, but now, more and more, as materialization of digital information» (Mitchell, 2005).

1. To start with the end in mind: with this slogan¹ it was intended to emphasize a strategy that, upstream, could define a process capable of ensuring the achievement of favorable outcomes from an organizational, economic and performative point of view, in operations of transformation of the built environment. At the center of this strategy is the Datum: computational, exchangeable, integrable, the main generator in the value chain of the good to be commissioned, designed, realized, used, managed. The ICT innovations that mostly interest the construction sector, in fact, are mainly aimed at verifying the potential of using large databases to optimize simu-

lation, modeling and materialization performances in a context increasingly linked to hybrid worlds, in which virtual and real interact in an integrated way. During the last decade, we have witnessed the progressive diffusion of digital methodologies that modify in depth both the way of “thinking” architecture, and that of designing, implementing and managing it over time, using capable Data-driven technologies and instruments to define new processes based on information “architectures”. In response to the increasing complexity of the project, these information systems are configured as “virtual “spaces” for decision support to optimize, in particular, the operational phase of a work, thanks to the use of data coming from the multiple performance simulations made possible by Information Modeling. Digital innovations can play a particularly effective

ridurre al massimo grado assenze e frammentarietà, ambiguità e indeterminatezza. Tradizionalmente in questa fase, analogamente a tutti gli altri momenti del processo, i flussi di informazione che si generano tra i diversi protagonisti avvengono in maniera lineare, secondo un meccanismo di azione e di eventuale retroazione, o feedback. I limiti e le conseguenze di flussi inadeguati sono noti: difformità tra il progetto e quanto realizzato, ritardi nell'esecuzione delle opere, superamento dei limiti economici previsti. Di importanza centrale diventa pertanto strutturare in maniera organizzata le informazioni allo scopo di poterle utilizzare in funzione di obiettivi specifici: un lavoro che deve necessariamente avvenire nel corso delle diverse fasi, man mano che si struttura il processo nel tempo.

L'adozione di un processo di progettazione dal carattere iterativo, in alcuni momenti simultaneo, non lineare, contraddistinto da un costante dialogo tra idee, analisi, sintesi e valutazione, appare da tempo come quello più adatto a relazionarsi con i caratteri di estrema complessità del progetto contemporaneo. L'integrazione di tale modello all'interno di ambienti BIM, utilizzando metodologie digitali di trattamento delle informazioni e di organizzazione delle conoscenze, permette di considerare non solo la fase progettuale, ma l'intero processo edilizio, come una vera e propria "procedura informativa", potenzialmente capace di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei processi.

3. La fase operativa/gestionale, quale conclusiva del processo edilizio, è quella che maggiormente risente di una inefficace organizzazione delle informazioni, avvenuta nelle fasi precedenti (Talamo and Bonanomi, 2016). Oggi la perdita di un gran numero di dati che si determina nel corso degli scambi tra le

role in this area, as they are capable of managing data and information in an extremely dynamic and efficient manner. The datum, therefore, coming from the real world and inserted into information models and performance simulations, offers in fact the possibility of a profound transformation of the information management processes for the life cycle of a building, starting from the executive phase of the design.

2. An effective and efficient management of the information that the various figures of the executive design process must exchange, and which serve to support the further phases, has long been recognized as the major factor conditioning the favorable outcomes of the entire building process². The indispensable but problematic connection between the decision-making phases relating to the functional, tech-

nical and economic characteristics of the work and those aimed at its construction and management, requires the development of information flows characterized by completeness, certainty of interpretation and self-sufficiency, or by the capacity of reduce to the maximum degree absences and fragmentation, ambiguity and indeterminacy. Traditionally in this phase, similarly to all the other moments of the process, the information flows that are generated between the different actors take place in a linear manner, according to a mechanism of action and possible feedback. The limits and consequences of inadequate flows are known: discrepancies between design and construction, delays in the execution of the works, exceeding the expected economic limits. It is therefore of central importance to structure information in an organized manner

varie figure del processo, si traduce, a valle, in un patrimonio di dati e conoscenze messo a disposizione di chi si interesserà del funzionamento dell'edificio, di gran lunga inferiore, sia in termini quantitativi che qualitativi, rispetto a quello che sarebbe necessario per una attività di Facility Management realmente efficiente. Tra le criticità maggiormente penalizzanti tale fase risultano certamente la difficoltà di accesso alle informazioni e la presenza di dati incompleti, errati o non aggiornati, cause della notevole complessità nella programmazione delle attività di gestione, nonché dell'incongruenza di stime e previsioni ad essa associate. In considerazione di ciò, diventa di centrale importanza la costituzione di un Data Base univoco, all'interno del quale collocare le informazioni, rendendole così tracciabili, aggiornabili e confrontabili. La possibilità di generare un vero e proprio "digital twin" nel quale far confluire tutte le informazioni, permette quindi di impostare, a monte delle operazioni di FM, una fase di vita utile dell'opera caratterizzata da procedure di gestione efficienti e affidabili, riducendo costi e sprechi. Accanto a questo, va affiancata un'attività di organizzazione secondo logiche proprie del *Building Maintenance*, affinché l'informazione possa essere realmente utile alle procedure di gestione, attraverso la definizione di protocolli di scambio e di organizzazione dei dati che restituiscano le informazioni che si intendono ottenere e definiscano in che modo questa informazione debba essere organizzata. Le ricerche finora condotte indicano la necessità di declinare le processualità di FM in modo differente se riferite ad edifici da realizzare ex-novo, oppure se rivolte al patrimonio esistente. In quest'ultimo caso, il livello di complessità nella gestione delle informazioni è maggiore, e la ricerca si apre ad interessanti prospettive in gran parte ancora

in order to be able to use them according to specific objectives: a action that must necessarily take place during the various phases, as the process is structured over time.

The adoption of an iterative design process, at times simultaneous, non-linear, marked by a constant dialogue between ideas, analysis, synthesis and evaluation, has long appeared as the one most suitable for relating to the extremely complex characters of the contemporary project. The integration of this model within BIM environments, using digital methods for processing information and organizing knowledge, allows us to consider not only the design phase, but the entire building process, as a real "information procedure", potentially capable of improving the effectiveness and efficiency of processes.

3. The operational/management phase, as conclusive of the building process, is that which is most affected by an ineffective organization of information, which occurred in the previous phases (Talamo, Bonanomi, 2016). Today the loss of a large number of data that is determined in the course of exchanges between the actors of the process, translates, downstream, into a wealth of data and knowledge made available to those who will be interested in the functioning of the building, of much lower, both in quantitative and qualitative terms, than would be necessary for a truly efficient Facility Management activity. One of the most critical points of this phase is certainly the difficulty in accessing information and the presence of incomplete, incorrect or outdated data, causes of the considerable complexity in the planning of management activities, as



well as the inconsistency of estimates and forecasts associated with it. In view of this, the creation of a univocal Data Base becomes important, within which to place information, making it traceable, updatable and comparable. The possibility of generating a real “digital twin” in which all the information is merged, therefore allows setting a phase of service life characterized by efficient and reliable management procedures, reducing costs and waste. Alongside this, there is an organizational activity based on the Building Maintenance logic, so that the information can really be useful to the management procedures, through the definition of data exchange and organization protocols that return the information to be obtained. and define how

this information should be organized. Researches developed so far indicate the need to decline the FM activities in a different way if referring to new buildings, or to the existing heritage. In the latter case, the level of complexity in information management is greater, and the research opens up to interesting perspectives largely still to be investigated. The case of the Apple Developer Academy in Naples is part of this context. Even if recently completed³, the first school in Europe for the development of digital mobile applications has been in fact the subject of an applied research work since its initial conception, but above all in a second phase, within which the management strategies were conducted starting from

the development of a functional Information Modeling to the operational phase of the complex.

4. The Academy is the result of a scientific and technological cooperation developed in 2015 between Apple International Distribution and the University of Naples “Federico II”, to train 400 students per year on the themes of iOS software development for design, marketing and digital entrepreneurship. The School is located within the new “Federico II” Campus, built on the area of the former Cirio factory, conceived as an element of socio-economic, urban and architectural redevelopment of the surrounding context. The building that houses the Academy was the first realization of the new uni-

versity complex designed by the group led by Ishimoto Architectural & Engineering Firm in 2007. The Academy is located in the third floor of the building on one single, large open space of 4,500 sqm and includes, according to a highly collaborative training method, spaces of three categories: Laboratory (of various sizes), the so-called Collaborative pods, or places of relaxation, confrontation and exchange characterized by informal seats, and a Main classroom with 200 armchairs. The activities that take place within the different types of spaces require the availability of innovative IT equipment for the design, presentation, display and review of applications: workstations, analog-digital devices, HD screens, writable glass walls, in many cases in-

da indagare. Il caso della Apple Developer Academy a Napoli si inserisce in tale ambito.

Pur se recentemente completata³, la prima scuola in Europa per lo sviluppo di applicazioni mobili digitali è stata infatti oggetto di un lavoro di ricerca applicata fin dalla sua concezione iniziale, ma soprattutto in una seconda fase, all'interno della quale le strategie di management sono state condotte a partire dallo sviluppo di una Modellazione Informativa funzionale alla fase operativa del complesso.

4. L'Academy è l'esito di un contratto di cooperazione scientifica e tecnologica stipulato nel 2015 tra Apple International Distribution e l'Università di Napoli Federico II, per formare 400 studenti all'anno sui temi della progettazione di applicazioni per iOS, del design, del marketing e dell'imprenditoria digitale. La Scuola si colloca all'interno del nuovo Campus della "Federico II", sorto sull'area degli ex stabilimenti Cirio, concepito come elemento di sviluppo socio-economico e di riqualificazione urbana e architettonica del contesto circostante. L'edificio che ospita la Academy è stata la prima realizzazione del nuovo complesso universitario su progetto del gruppo guidato da Ishimoto Architectural & Engineering Firm nel 2007. L'Academy si sviluppa al terzo piano dell'edificio su un unico, ampio *open space* di 4.500 mq e accoglie, secondo una modalità formativa fortemente collaborativa, spazi di tre categorie: *Laboratory* (di varie dimensioni), i cosiddetti *Collaborative pods*, ovvero luoghi di relax, confronto e scambio caratterizzati da sedute informali, e una *Main classroom* con 200 posti a sedere. Le attività che si svolgono all'interno delle diverse tipologie di spazio richiedono la disponibilità di attrezzature informatiche innovative per

cluded inside metal chassis of different colors, called totems.

For the Academy a specific technological and environmental design consultancy was requested from the University's Technical Offices to the Department of Architecture⁴. This work, within a vision of process digitalization, provided technical and procedural indications for some specific tasks which have been fulfilled through an algorithmic and parametric approach. Through the use of IT equipment, based on Visual Programming Language platforms and simultaneously in Revit environment, various interoperability procedures have been developed within the workflow, the outcomes of which consisted of guidelines and project documentation to manage the construction phase, carried out by the technical office of the University (Ambrosini, 2018).

Following the inauguration of the Academy, a research work⁵ was carried out, aimed to respond to the specific need of the University to develop Facility Management solutions, and especially at reducing time and costs and improving overall efficiency of the entire operational phase. The commitment of the research group has therefore focused on providing a simulation of the potential of digitized information systems for the development of:

- Space management, useful for positioning, managing and tracking the spaces assigned and the elements related to them;
- Asset management, to support the management and use phase of the Academy, intended as a building/MEP system;
- Maintenance Plan (Building Maintenance Scheduling), or the maintenance manual and program, defin-

ing structure and information contents, according to the indications contained in UNI 10874:2000 and UNI 11257:2007.

5. In consideration of these objectives, the first step of the work consisted in the construction of a Record model, representing the final configuration of the entire building, formed by elements belonging to types and families to a specific LOD⁶, to which to associate identifiable parameters through IDs recognizable by any management application, with computable and archival information. Particularly long and complex was the activity of finding and checking all the existing graphic documentation relating to the Ishimoto group project, which contained numerous inconsistencies and shortcomings, and its subsequent digitization in Revit environment.

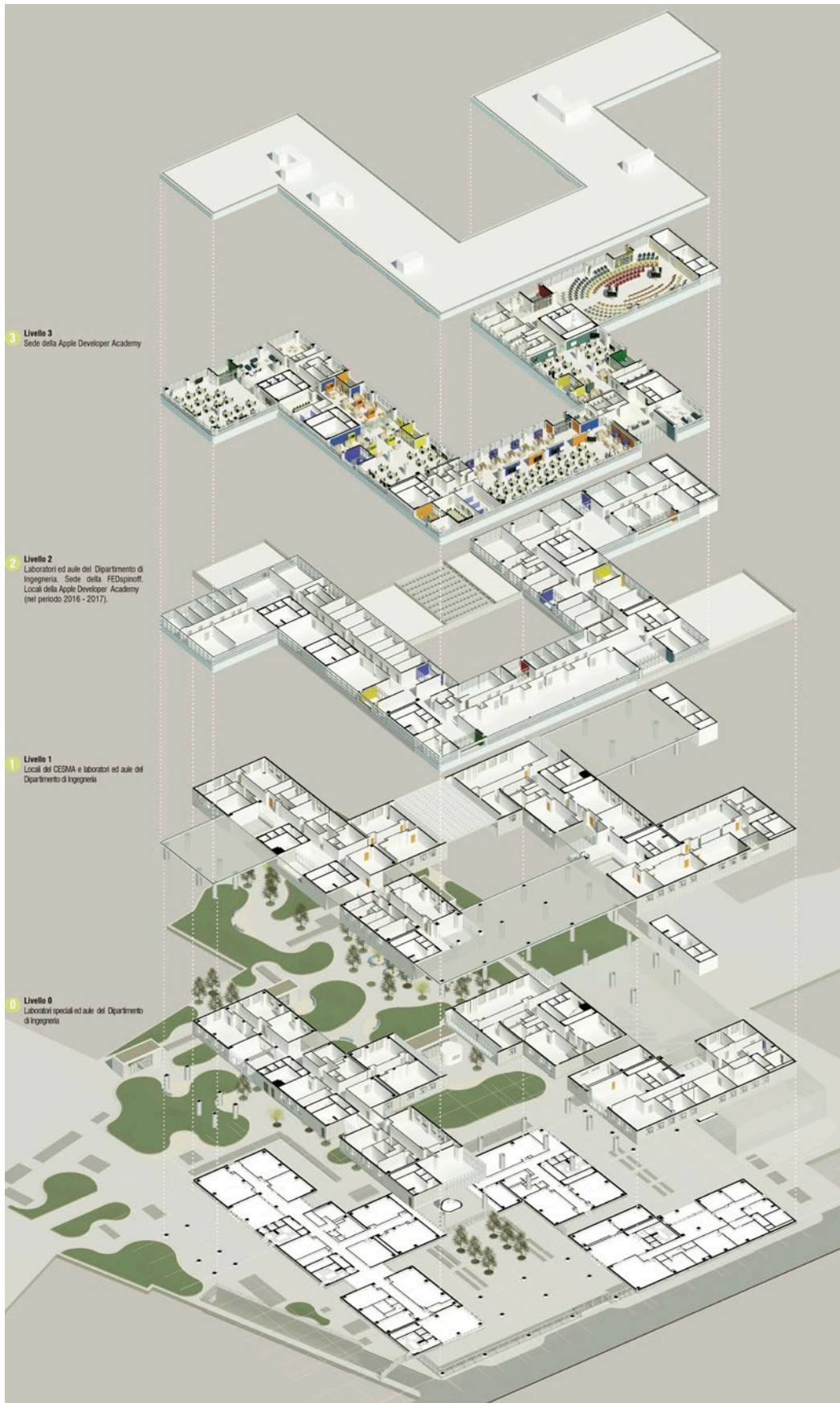
la progettazione, presentazione, visualizzazione e revisione delle applicazioni: workstation, dispositivi analogico-digitali, schermi HD, *writable glass walls*, in molti casi inseriti all'interno di chassis metallici di diverso colore, definiti *totem*. Per i lavori di installazione della Academy è stata richiesta da parte degli Uffici tecnici dell'Ateneo una specifica consulenza di progettazione tecnologica e ambientale al Dipartimento di Architettura⁴. Tale lavoro ha fornito indicazioni tecnico-processuali per alcuni specifici compiti progettuali che sono stati sviluppati attraverso un approccio algoritmico e parametrico. L'impiego di strumentazioni IT, basate su piattaforme Visual Programming Language e simultaneamente in ambiente Revit, ha permesso lo sviluppo di diverse procedure di interoperabilità strumentali all'interno del flusso di lavoro, i cui esiti sono consistiti in linee guida e documentazioni progettuali a supporto della fase di *construction management*, svolta dall'ufficio tecnico dell'Università (Ambrosini, 2018).

Successivamente all'inaugurazione dell'Academy, è stato condotto un lavoro di ricerca⁵ che ha inteso dare risposta alla specifica esigenza dell'Ateneo di sviluppare soluzioni di Facility Management, finalizzate a ridurre tempi e costi e a migliorare l'efficienza complessiva dell'intera fase operativa. L'impegno del gruppo di ricerca si è concentrato pertanto sul fornire una simulazione delle potenzialità dei sistemi informativi digitalizzati per lo sviluppo di:

- *Space management*, utile a posizionare, gestire e tracciare gli spazi assegnati e gli elementi ad essi correlati;
- *Asset management*, per supportare la fase di gestione e uso della Academy, intesa come sistema edificio/impianti;
- Piano di manutenzione (*Building Maintenance Scheduling*),

ment. The absence of adequate graphic and non-graphic information, even of substantial elements of the project, required verification and measurement on the place, to find the necessary data for modeling activity. In other cases, photographs and data sheets have enabled the creation of furniture models, using application software, such as Rhino, for 3D modeling of NURBS surfaces.

Once the model was created, precise and up-to-date information on the existing conditions for Space management was introduced: with regards to the spaces, with reference to UNI 11337-1:2017, the Homogeneous Functional Area was in fact divided into rooms classified according to types, from which data are automatically obtained on surfaces, areas, functions, etc., useful for estimating costs and maintenance interventions.



ovvero del manuale e del programma di manutenzione, definendo struttura e contenuti informativi, secondo le indicazioni contenute nelle norme UNI 10874:2000 e UNI 11257:2007.

5. In considerazione di tali obiettivi, il primo step del lavoro è consistito nella costruzione di un modello Record che rappresentasse la configurazione finale dell'intero edificio, formato da elementi appartenenti a tipi e famiglie ad uno specifico LOD⁶, a cui associare parametri identificabili attraverso ID riconoscibili da qualsiasi applicativo gestionale, con informazioni computabili e archiviabili.

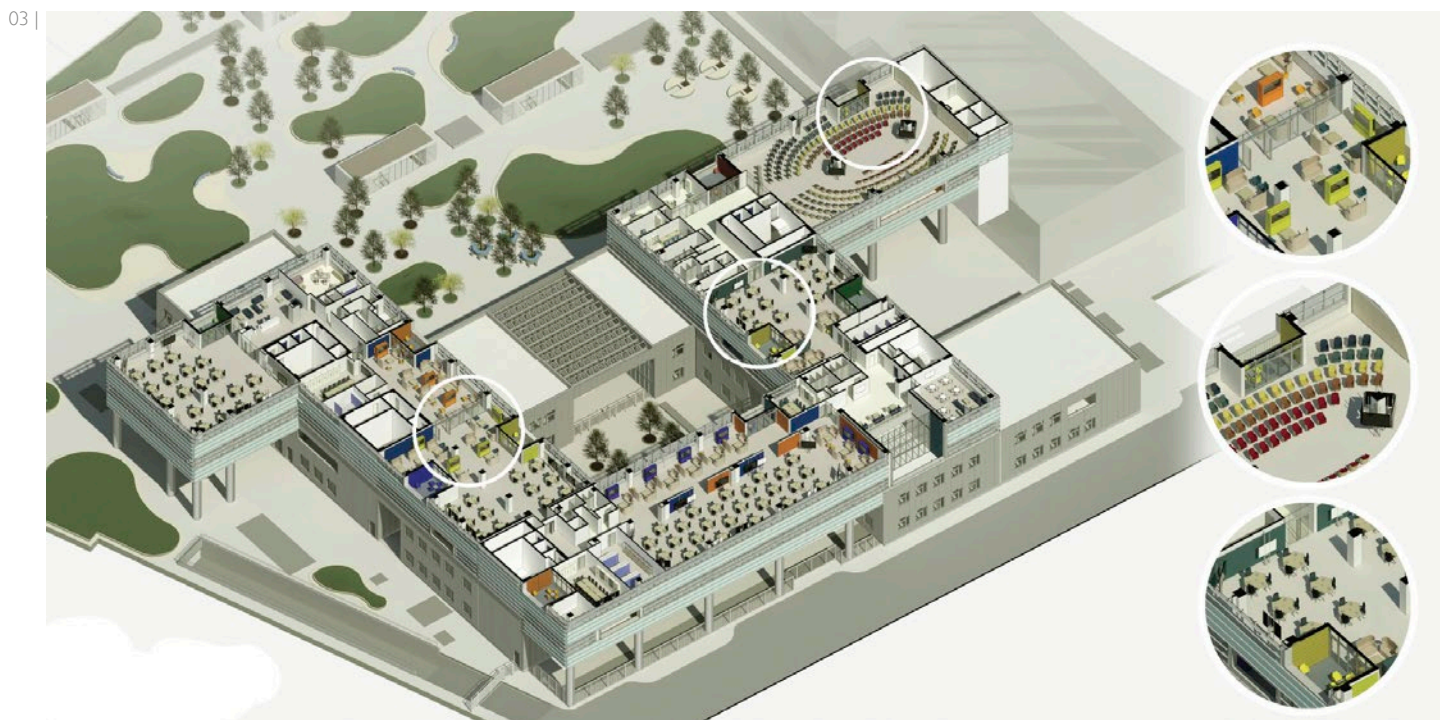
Particolarmente lunga e complessa è stata l'attività di reperimento e verifica di tutta la documentazione grafica esistente relativa al progetto del gruppo Ishimoto, rispetto alla quale sono emerse numerose incongruenze e mancanze, e la sua successiva digitalizzazione in ambiente Revit. L'assenza di adeguate informazioni grafiche e non, anche di elementi sostanziali del progetto, ha richiesto la verifica e la misurazione sul posto per reperire i dati necessari alla loro modellazione. In altri casi fotografie e schede tecniche hanno consentito di creare modelli degli arredi, utilizzando software applicativi, come Rhino, per la modellazione 3D di superfici NURBS.

Una volta realizzato il modello sono state introdotte al suo interno informazioni precise e aggiornate sulle condizioni esistenti

finalizzate allo *Space management*: per quanto riguarda gli spazi, facendo riferimento alla norma UNI 11337-1:2017, l'Ambito Funzionale Omogeneo (AFO) è stato infatti suddiviso in locali classificati in base alle tipologie, da cui si ricavano in automatico dati su superfici, aree, funzioni, ecc., utili per poter prevenire costi e interventi di manutenzione.

Con riferimento alla normativa internazionale ANSI/BOMA Z65.1-2017 per la gestione degli spazi, tali locali sono stati codificati per categoria, utilizzo e tipologia, individuando le aree e il relativo indice di efficienza, ma anche per comparto REI, per tipologia di pavimento, ecc. Per ciascun locale è quindi possibile ottenere tutte le informazioni su caratteristiche e asset esistenti che fanno riferimento al formato COBie (Construction Operations Building Information Exchange), uno standard internazionale di attribuzione di parametri per la trasmissione dei dati durante tutto il ciclo di vita dell'edificio. Tali dati vengono estrapolati direttamente dal modello informativo e inseriti in fogli di calcolo Excel modificabili e aggiornabili, anche in ambienti esterni al software Revit.

Per le operazioni di *Asset management* si è proceduto a collegare alle componenti tecnologiche una serie di informazioni che permettono di creare un vero e proprio piano di manutenzione dell'edificio. In tale fase del lavoro è stata quindi necessaria la preventiva classificazione e articolazione delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici nei quali è scomposto il sistema





tecnologico, secondo i criteri previsti dalla norma UNI 8290-1:1981, e il loro successivo collegamento ai diversi locali presenti nell'edificio. Realizzando in seguito un link bi-direzionale tra i singoli elementi, con tutte le relative informazioni digitali contenute nel modello Record, e gli applicativi di Management, è stata verificata la possibilità di governare in maniera efficace la fase operativa dell'Academy, anche attraverso la valutazione dei costi relativi alle operazioni di gestione a breve e lungo termine. Il modello Record con tutte le informazioni, sia quantitative che qualitative, è stato infatti associato ai sistemi di Facility Management, attraverso delle applicazioni già presenti all'interno dei software di authoring, come ad esempio Revit DB Link, le quali creano files Access o Excel facilmente aggiornabili e reinseribili all'interno del modello. In alternativa, è stata simulata la diretta estrapolazione dei files COBie e il loro inserimento all'interno di sistemi CMMS, così come l'esportazione del formato dati IFC e

la sua integrazione in applicazioni dedicate, oppure in piattaforme Cloud. Nello step conclusivo, basandosi sul modello informativo, sono state infatti proposte soluzioni differenti di FM che hanno verificato:

- le funzionalità di esportazione IFC verso applicativi dedicati⁷ per la redazione del Piano di Manutenzione, che ha evidenziato la perdita, pur se contenuta, di una serie di dati comunque utili allo sviluppo dell'attività di Management;
- le potenzialità di gestione in modalità Cloud, attraverso un accesso riservato agli operatori del FM che consente la visualizzazione del modello con i suoi abachi e l'accesso ai *data set* informativi al momento dell'apertura di un "ticket" manutentivo;
- l'impiego di piattaforme interattive di visualizzazione e condivisione⁸ dei files di progettazione 2D e 3D, che permette di sfruttare la realtà aumentata per effettuare navigazioni all'in-

With reference to the international ANSI/BOMA Z65.1-2017 regulation for the management of spaces, these rooms have been coded by category, use, typology, identifying the areas and the relative efficiency index, but also for type of floor, etc. For each room it is therefore possible to obtain all the information on existing features and assets that refer to the COBie format (Construction Operations Building Information Exchange), an international standard for assigning parameters for data transmission throughout the life cycle of the building. These data are extrapolated directly from the information model and inserted in Excel sheets that can be modified and updated, even in environments outside Revit.

For the asset management, a series of information was linked to the technological components that allow the

creation of a real maintenance plan for the building. In this phase the preventive classification and articulation of technological units and technical elements in which the technological system is divided, according to the criteria established by UNI 8290-1:1981, and their subsequent connection to the various premises of the building was therefore necessary. Subsequently, creating a bi-directional link between the individual elements, with all the related digital information included in the Record model, and the Management applications, the possibility of effectively managing the operating phase of the Academy was verified, also through the evaluation costs related to short and long term management operations. The Record model with all the information, both quantitative and qualitative, was in fact associated with the FM systems, through applications

already present within the authoring software, such as Revit DB Link, which create Access or Excel files easy to update and re-enter into the model. Alternatively, was simulated the direct extrapolation of COBie files and their insertion into CMMS systems, as was the export of the IFC data format and its integration in dedicated applications, or in Cloud platforms. In the final step, based on the informative model, different FM solutions were proposed that verified:

- IFC export functions to dedicated applications⁷ for the preparation of the Maintenance Plan, which highlighted the loss, albeit limited, of a series of data, however useful for the development of the Management activity;
- the management potential in Cloud, through a reserved access to the FM operators that allows the visualiza-

tion of the model with its schedules and access to the information data sets when a maintenance ticket is opened;

- the use of interactive platforms for viewing and sharing 2D and 3D design files⁸, which allows the use of augmented reality to navigate within the spaces and to query any element with an QR Code identifier.

6. The applied research activity has clearly confirmed the centrality of data flows within the operational processes of a work. As the McLeamy diagram well describes, a Data-driven design approach, concentrated in the initial phases of the design, has a positive impact in terms of costs and results, compared to what usually occurs in a traditional process. However, this approach requires the definition, upstream, of criteria for tracing information, with

terno degli spazi e di interrogare qualsiasi elemento dotato di QR Code identificativo.

6. L'attività di ricerca applicata ha chiaramente confermato la centralità dei flussi di Dati all'interno dei processi operativi di un'opera. Come ben descrive il diagramma di McLeamy, uno sforzo progettuale *Data-driven*, concentrato nelle fasi iniziali della progettazione, incide in maniera positiva in termini di costi e di risultati, rispetto a quello che abitualmente avviene in un processo di tipo tradizionale. Tale approccio richiede però la definizione, a monte, di criteri di tracciabilità delle informazioni, rispetto ai quali impostare e aggiornare tutta la documentazione prodotta, non solo in sede di progetto esecutivo, ma anche di realizzazione e di gestione delle opere. Per tali processi diventa ineludibile l'adozione di metodologie basate su piattaforme digitali gestionali-informative alle quali poter accedere per migliorare le attività di management, mantenendo alto il valore delle informazioni prodotte, allo scopo di ottimizzare i flussi operativi e ridurre tempi e costi. In questo senso il caso studio ha permesso di evidenziare alcune questioni chiave:

- la difficoltà di accedere a *data-set* informativi, anche non strutturati, in caso di operazioni condotte con modelli organizzativi di tipo convenzionale, nelle quali le diverse fasi risultano nettamente separate;
- l'urgenza di stabilire criteri e processi per attribuire la maggiore continuità informativa possibile tra la fase di progettazione esecutiva e l'attività gestionale, adottando regole di strutturazione dei dati nelle fasi decisionali e realizzative che siano coerenti con le logiche proprie dei sistemi di Modellazione Informativa;

respect to which to set and update all the documentation produced, not only in the executive project, but also in the construction and management phases. For these processes the use of methodologies based on digital management-information platforms becomes indispensable to improve management activities, maintaining the value of the information produced, in order to optimize operating flows reducing time and costs. In this sense, the case study made it possible to highlight some key issues:

- the difficulty of accessing information data sets, even unstructured ones, in the case of operations developed with conventional organizational models, in which the different phases are clearly separated;
- the urgency to establish criteria and processes to attribute the greatest possible continuity of informa-

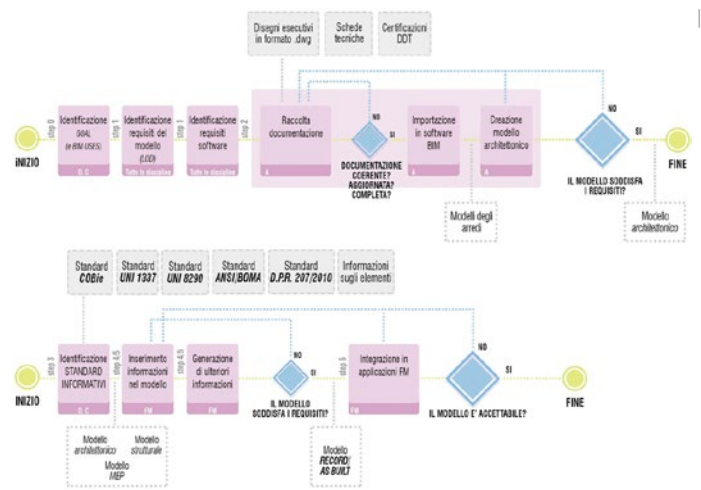
tion between the executive design phase and the management activity, adopting rules of data structuring in the decisional and construction phases that are congruent with the BIM logic;

- the need to develop standardized and shared information workflows, capable of guaranteeing effective and effective interoperability between the various applications, starting from the early stages of the decision-making process.

Last but not least, remains the problem of data retention over long times and of their real availability for later uses, especially in consideration of the speed with which digital innovation advances.

NOTES

¹ Phrase used widely by several speakers during the meeting at the Universi-



- la necessità di sviluppare workflow informativi standardizzati e condivisi, capaci di garantire una effettiva ed efficace interoperabilità tra le diverse applicazioni, già a partire dalle prime fasi del processo decisionale.

Last but not least, resta il problema della conservazione dei dati nel tempo e della loro disponibilità reale per usi successivi, specialmente in funzione della rapidità con cui avanza la *digital innovation*.

NOTE

¹ Frase utilizzata diffusamente da diversi relatori durante l'incontro all'Università di Greenwich (2016) del gruppo di lavoro BIM4FM. Il team BIM4FM (BIM for Facilities Management) include differenti associazioni di categoria del settore dell'ambiente costruito del Regno Unito, supportate da una specifica Unità Operativa del Governo, con l'obiettivo di sviluppare al massimo grado le attività di Facility Management all'interno dei progetti governativi BIM.

² Cfr. Maggi, P.N. (1994), *Il processo edilizio*, Vol. 1, CittàStudi, Milano. Negli stessi anni sia il Rapporto Latham che quello Egan, studi commissionati dal Governo britannico per verificare lo stato di salute dell'industria delle costruzioni e per definire percorsi innovativi finalizzati al miglioramento

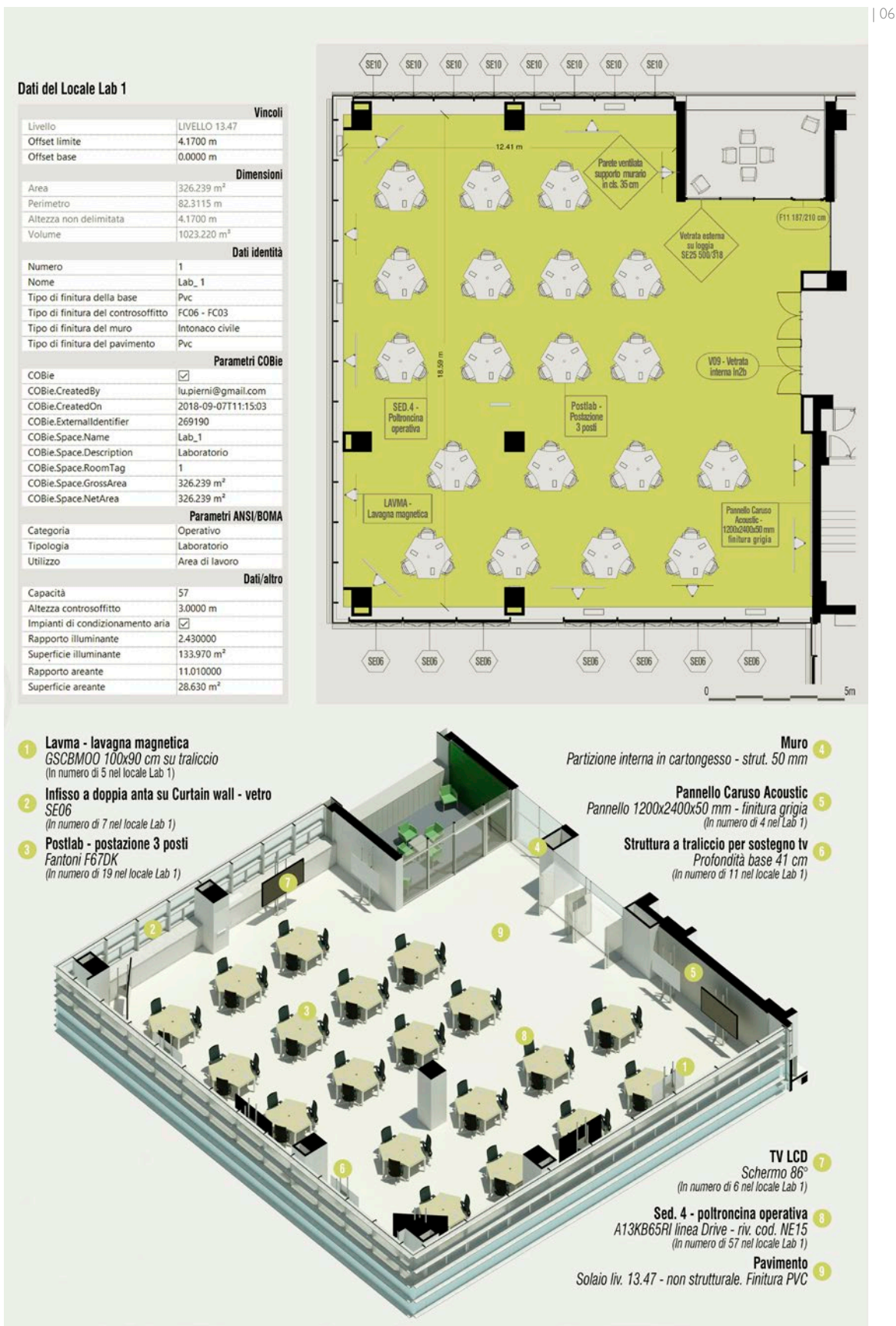
ty of Greenwich (2016) of the BIM4FM working group. The BIM4FM team (BIM for Facilities Management) includes different trade associations in the United Kingdom built sector, supported by a specific Government Operating Unit, with the aim of developing Facility Management activities in BIM government projects.

² Maggi, P.N. (1994), *Il processo edilizio*, Vol. 1, CittàStudi, Milano. In the same years, both Latham Report and Egan Report, studies commissioned by the British Government to verify the state of health of the construction industry and to define innovative paths aimed at improving its efficiency, highlighted how much the lack of information exchange between the different actors of the building process represented a considerable obstacle to the development of the sector and determined obvious diseconomies. See Latham, M.

(1994), *Constructing the Team. Joint review of procurement and contractual arrangements in the UK construction industry*, Final Report; Egan, J. (1998), *Rethinking construction. The Report of the Construction Task Force*, Department of Trade and Industry (DTI).

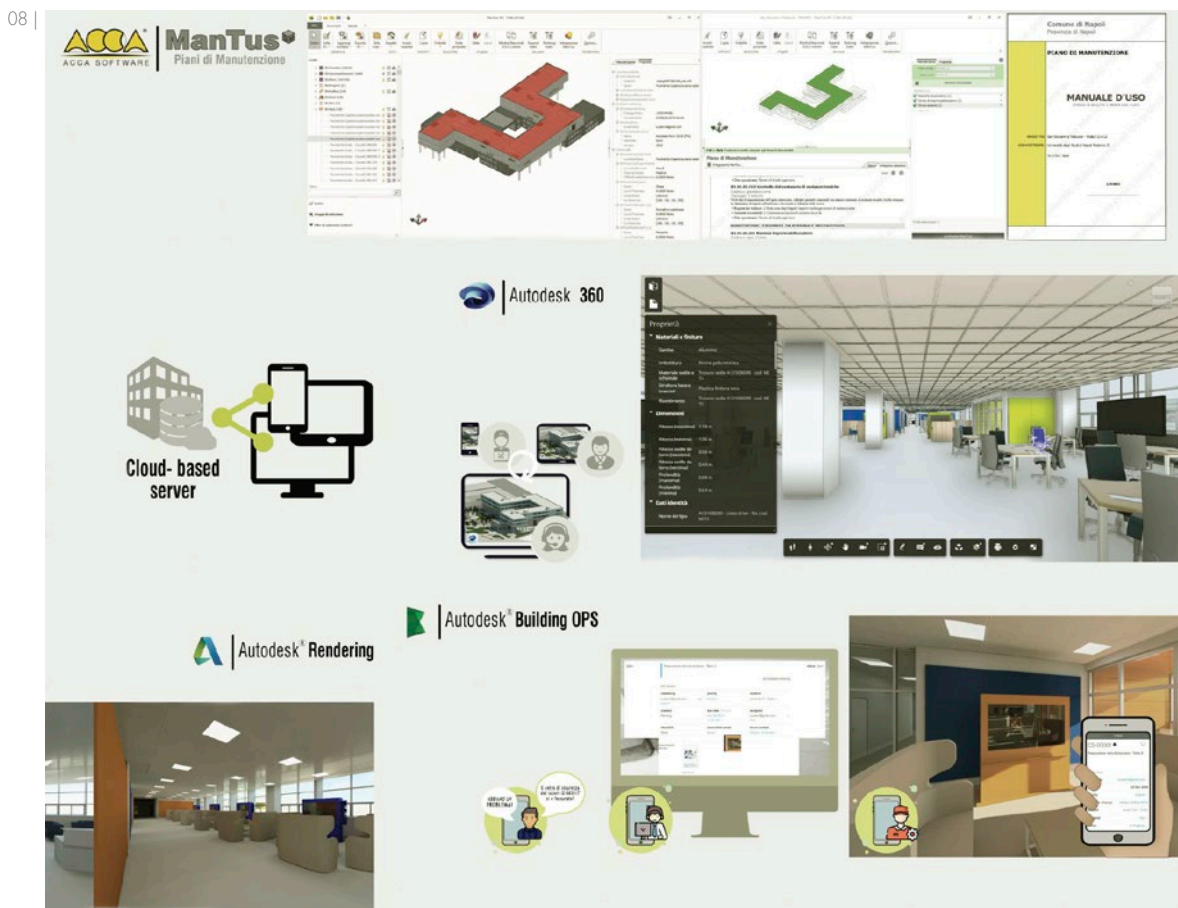
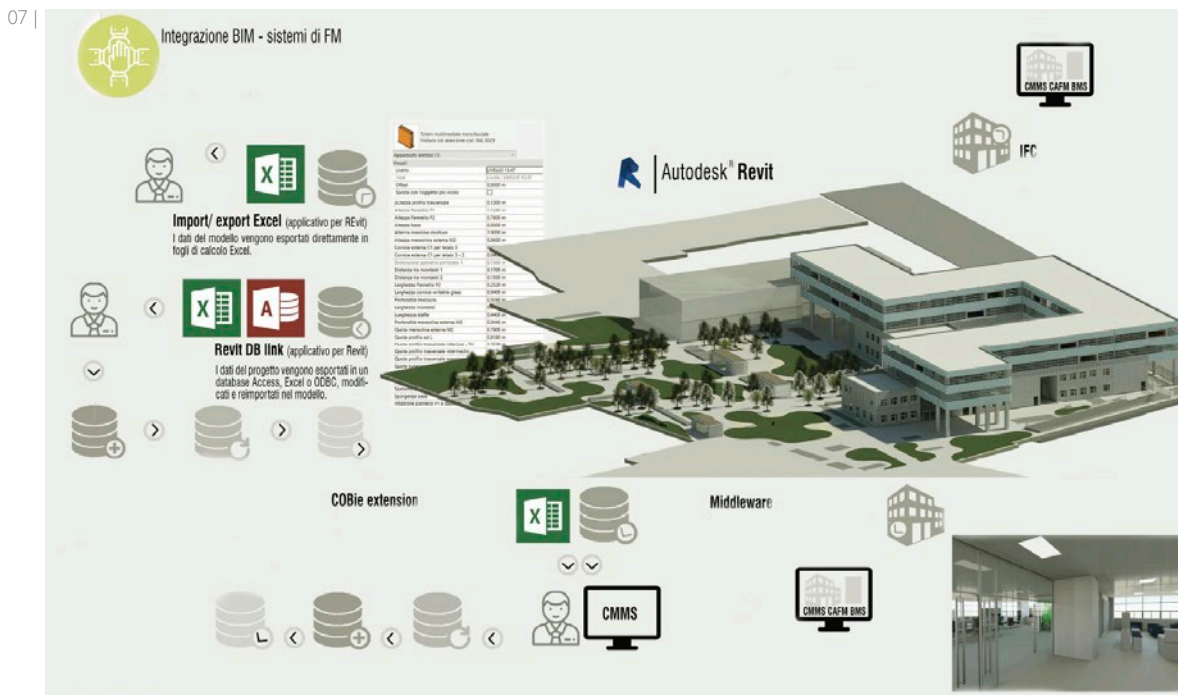
³ The work of adaptation and adaptation of the III floor of the "Federico II" Campus in San Giovanni a Teduccio (NA) for the Apple Developer Academy were completed in September 2017.

⁴ The executive project has been carried out by the Construction Department Office of the University of Naples "Federico II" (Coordination: prof. eng. E. Cosenza; Project Manager: arch. M.R. Vecchiarini); Consultancy for technological and environmental design: prof. arch. S. Russo Ermolli, prof. arch. M. Losasso, arch. L. Ambrosini (Dep. of Architecture); Consultancy



07 | Differenti soluzioni di esportazione delle informazioni contenute nel modello BIM in applicazioni dedicate di Facility Management (elaborazione immagine: Lucia Pierni)
Different solutions for exporting data from the BIM model in dedicated FM applications (by Lucia Pierni)

08 | Piattaforme informative digitali di condivisione, elaborazione e visualizzazione dei dati di manutenzione associati ad un modello BIM (elaborazione immagine: Lucia Pierni)
Digital information platforms for sharing, processing and visualization FM data associated to a BIM model (by Lucia Pierni)



della sua efficienza, mettevano in evidenza quanto il carente scambio di informazioni tra i diversi protagonisti del processo edilizio rappresentasse un notevole ostacolo allo sviluppo del comparto e determinasse evidenti diseconomie. Cfr. Latham, M. (1994), *Constructing the Team. Joint review of the procurement and contractual arrangements in the UK construction industry*, Final Report; Egan, J. (1998), *Rethinking construction. The Report of the Construction Task Force*, Department of Trade and Industry (DTI).

³ I lavori di adattamento e adeguamento del III piano del complesso universitario della “Federico II” a San Giovanni a Teduccio (NA) per la Apple Developer Academy sono stati completati nel settembre 2017.

⁴ Il progetto esecutivo è stato curato dall’Ufficio Ripartizione Edilizia dell’Università degli Studi di Napoli Federico II (Coordinamento: prof. ing. E. Cosenza; Capo progetto: arch. M.R. Vecchiarini); Consulenza per la progettazione tecnologica e ambientale: prof. arch. S. Russo Ermolli, prof. arch. M. Losasso, arch. L. Ambrosini (Dip. Architettura); Consulenza per la progettazione acustica: prof. ing. R.A. Romano (Dip. Ingegneria Industriale); Consulenza per la progettazione ICT: prof. ing. S. Avallone (Dip. Ingegneria elettrica e delle Tecnologie dell’Informazione).

⁵ Il lavoro è stato condotto (da aprile a novembre 2018) da parte del prof. arch. S. Russo Ermolli e dell’arch. L. Pierni, con la collaborazione dell’arch. L. Ambrosini e dell’arch. G. Galluccio, all’interno delle attività previste dall’accordo di ricerca con la HTWK Leipzig University Of Applied Sciences dal titolo “L’innovazione tecnologica di processo: scenari a confronto sulla diffusione delle metodologie BIM negli appalti pubblici”.

⁶ Anche se la norma UNI 11337-4:2017 prevede che il LOD di un elemento non corrisponda necessariamente ad una determinata fase del processo, in genere risulta necessario adottare nella fase di gestione un LOD particolarmente dettagliato (F o G). Nel caso della Apple, in assenza di un adeguato patrimonio documentale e informativo derivante da una Modellazione già sviluppata in fase di progettazione, sono stati utilizzati LOD meno definiti, sia dal punto di vista informativo che geometrico.

⁷ La ricerca ha utilizzato l’applicativo ManTus della ACCA software, con il

for acoustic design: prof. eng. R.A. Romano (Dep. of Industrial Engineering), Consultancy for ICT design: prof. eng. S. Avallone (Dep. Of Electrical Engineering and Information Technology).

⁵ The work has been developed (from April to November 2018) by prof. arch. S. Russo Ermolli and of the architect L. Pierni, with the collaboration of the architects L. Ambrosini and G. Galluccio, within the activities planned by the research agreement with the HTWK Leipzig University of Applied Sciences titled “Process technological innovation: scenarios compared on the dissemination of BIM methodologies in public procurement”.

⁶ Although UNI 11337-4:2017 standard requires that the LOD of an element does not necessarily correspond to a specific phase of the process, it is generally necessary to adopt a par-

ticularly detailed LOD (F or G) in the management phase. In the case of Apple, in the absence of an adequate documentary and informative set deriving from a Modeling already developed in the design phase, less defined LODs were used, both from an informative and a geometric point of view.

⁷The research used the ManTus application of ACCA software, with which the Maintenance Plan was developed through the correlation between the IFC files to the maintainable elements of the program archive.

⁸ The simulation was made with Autodesk BIM 360.

quale è stato sviluppato il Piano di Manutenzione attraverso la correlazione tra i file IFC agli elementi manutenibili dell’archivio del programma.

⁸ La simulazione è stata condotta con Autodesk BIM 360.

REFERENCES

Ambrosini, L. (2018), *Data, Digital & Design. Produzione del progetto digitale e processi decisionali*, Tesi di Dottorato in Tecnologia dell’Architettura, XXXI ciclo, Tutor: prof. S. Russo Ermolli, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Atkin, B. and Brooks, A. (2014), *Total Facility Management*, John Wiley & Sons.

Deutsch, R. (2015), *Data-Driven design and construction*, John Wiley & Sons.

Keathley, E. (2014), *Digital Asset Management*, Apress, New York.

Mitchell, W.J. (2005), “Construction complexity”, in Martens, B. and Brown, A., (Eds.), *Computer Aided Architectural Design Futures 2005*, Springer International Publishing, Switzerland.

Talamo, C. and Bonanomi, M. (2016), *Knowledge management and information tools for building maintenance and Facility Management*, Springer International Publishing, Switzerland.

Modello SMART per una nuova gestione del processo edilizio

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Ricerca avanzata (Under 35)

clarissa.ditonno@unich.it

Clarissa Di Tonno,

Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti-Pescara, Italia

Abstract. Il contributo illustra la ricerca in corso e indaga il tema delle relazioni tra Produzione Edilizia, industrializzazione, ICT e scelte procedurali e progettuali, in una ottica di qualità e sostenibilità ambientale nella industria 4.0 e alla luce delle nuove normative e delle innovazioni tecnologiche. La ricerca è attualmente in sperimentazione in alcune Pubbliche Amministrazioni ed esplora la possibilità di un modello di piattaforma digitale SMART Network, basata su uno SMART System: innovativo, adattivo e dinamico, di supporto decisionale alle fasi del Processo Edilizio. Per SMART System non si intende solo un sistema intelligente, ma inclusivo, condiviso, con implicazioni di carattere sociale, ambientale, economico, industriale (4.0) in BIM, garantito dal nuovo progettista Open Source.

Parole chiave: Processo edilizio; Project management; BIM; Industria delle costruzioni 4.0; Open Source.

I nuovi temi fondativi nel settore della Produzione Edilizia

Negli ultimi anni i convegni di ISTeA (Italian Society of Science, Technology and Engineering of Architecture) hanno, sempre più, posto l'attenzione sul rapporto tra i temi della ricerca industriale e quelli della produzione edilizia. Nel 2011 ISTeA ha prodotto dei *position paper*, nel 2012 è stato tracciato lo stato dell'arte sulle tematiche individuate e nel 2013 è stato affrontato il tema della relazione tra Produzione Edilizia e ICT. Nel 2016 la consapevolezza di una necessaria interlocuzione con il settore industriale più avanzato ha portato al convegno *Back to 4.0: rethinking the digital construction in industry*. Nel 2017, infine, il convegno internazionale ISTeA dal titolo *Re-shaping the Construction Industry* ha messo al centro degli incontri le tematiche della digitalizzazione, della computazionalità, della circolarità e della sostenibilità, fondamentali per l'innovazione del settore delle costruzioni, in nuova ottica di Ambient Intelligence o di Digitized Built Environment, tutto nell'ottica della quarta rivoluzione industriale.

SMART models for new management of the building process

Abstract. These pages illustrate ongoing research investigating the theme of the relations between Building Construction, industrialization, ICT and procedural and design choices from the standpoint of quality and environmental sustainability in industry 4.0 and in light of new regulations and technological innovations. This research is currently undergoing testing with several Public Administrations, exploring the possibility of a SMART Network digital platform model based on a SMART System: innovative, adaptive and dynamic, offering decisional support to Building Process phases. A SMART System is not only an intelligent system but is also inclusive, shared and has (4.0) social, environmental, economic and industrial implications in BIM, for new role of the designer in Open Source perspective.

Keywords: Building process; Project management; BIM; Construction Industry 4.0; Open Source.

Il settore della Produzione Edilizia ha individuato, nelle sue riunioni¹, i temi fondativi.

Dal progetto al prodotto di qualità per l'industria delle costruzioni. Questo settore di ricerca ha come obiettivo il miglioramento della qualità e sostenibilità delle costruzioni. Il passaggio dal processo al prodotto, coinvolge le modalità operative dei diversi attori, infatti nella fase di progettazione (Building Design Management), riveste notevole importanza la Gestione della Conoscenza (KM), che parte dell'Information Technology (IT). A tal fine, gli approcci sia IFC, per lo scambio di modelli e oggetti in una logica di interoperabilità che il BIM (Building Information Modelling) quale strumento operativo di interfaccia tra i diversi applicativi. Per la fase della costruzione (Construction Management) vengono presi in esame principalmente le ricerche tendenti ad un'integrazione tra ICT e Costruzioni e le ricerche che si occupano di automazione finalizzate alla robotica.

La gestione del ciclo di vita nelle costruzioni. Un campo di ricerca articolato secondo due filoni fondamentali: lo sviluppo di Modelli di Previsione del comportamento nel tempo (Durabilità e Service Life Prediction); lo sviluppo dei Modelli di Gestione dell'edificio e delle sue parti. Di fondamentale importanza il requisito di durabilità per poter programmare le risorse da impiegare, nelle diverse fasi del processo edilizio.

L'automation in construction. I recenti sviluppi dell'Information Technology hanno favorito l'avvio di importanti innovazioni nelle costruzioni, sia nelle procedure, sia nelle tecnologie da adottare. In particolare due settori risultano di interesse per la produzione edilizia: l'innovazione nei cantieri, con tecnologie avanzate di monitoraggio, di interazione tra risorse umane ed elementi costruttivi, di comunicazione tra siti produttivi diversi,

New core themes in the Building Production sector

ISTeA (Italian Society of Science, Technology and Engineering of Architecture) conferences in recent years have increasingly focused on the relationship between industrial research themes and those of building production. In 2011 ISTeA published a position paper, in 2012 it outlined the state of the art on the themes it had identified and in 2013 it confronted the relationship between Building Production and ICT. Awareness in 2016 of the need for dialogue with the most advanced industrial sectors led to the conference *Back to 4.0: rethinking digital construction in industry*. More recently, in 2017, an ISTeA international conference entitled *Re-shaping the Construction Industry* placed the themes of digitalization, computation, circularity and sustainability at

the center of its meetings, given their fundamental role in innovation in the construction sector from the perspectives of Ambient Intelligence and Digitized Built Environment, all in light of the fourth industrial revolution.

The Building Production sector identified the following core themes in its meetings¹:

From project to quality product for the construction industry. The objective of this sector of research is to improve the quality and sustainability of buildings. Passage from project to product involves the operating modes of various entities. In the design phase (Building Design Management) great importance is given to Knowledge Management (KM) which starts from Information Technology (IT). The approaches to this end are both IFC, for exchange of models and objects in an interoperability logic, and BIM (Build-

da robot e quello della nuova concezione dell'edificio, organismo in evoluzione capace di dotarsi di meccanismi di gestione automatica.

Le attività sperimentali e il knowledge reuse. Le attività sperimentali rappresentano spesso la materializzazione in investimenti delle ricerche condotte e, per evitare dispersioni delle conoscenze, sono state individuate dai gruppi di ricerca italiani e internazionali², delle precise categorie spesso concentrate sull'involucro edilizio, in continua evoluzione, deputato alla gestione dello scambio di energia tra edificio e spazio circostante (Alaimo, 2013). La proliferazione dei saperi specialistici e di competenze specifiche tendono a frammentare la natura complessa del progetto e a scomporre il processo edilizio in fasi dotate spesso di eccessiva autonomia (Lavagna, 2008). Per tutto questo occorre riunificare le diverse operazioni e in questo le sperimentazioni in atto rappresentano un grande rinnovamento nel modo di progettare le nostre città sull'onda del movimento Open Source e dei nuovi modelli di partecipazione in rete. È una rivoluzione che ci riguarda (Ratti, 2014).

Protocolli e modelli di supporto decisionali al progetto

precisamente: la conoscenza dei comportamenti umani connessi con la riorganizzazione dello spazio esistenziale; la dimensione architettonica delle tecnologie emergenti proveniente dai diversi settori della produzione materiale; la interdipendenza esistente tra patrimonio strumentale dell'operosità umana e contesto culturale», scriveva Edoardo Vittoria, nel 1998. L'anno successivo

«Gli aspetti da approfondire in senso critico e propositivo sono i tre momenti fondamentali dello specifico iter progettuale e

ing Information Modeling) as an operational interface tool between different applications. The construction phase (Construction Management) principally examined research tending towards integration of ICT and Construction and research dealing with automation aimed at robotics.

Building life cycle management. This field of research is articulated along two basic lines: development of Prediction Models for behavior over time (Durability and Service Life Prediction); development of Models for Management of Buildings and their parts. The durability requirement is of fundamental importance in order to program the resources to be used in the various phases of the building process.

Construction automation. Recent developments in Information Technology have encouraged important inno-

ventions in construction, both in procedures and in the technologies to be adopted. Two sectors are of particular interest for building production: construction site innovation, with advanced monitoring technologies, interaction between human resources and building elements; communication between different sites, robots and new building concepts, an organism in evolution capable of equipping itself with automatic management mechanisms.

Experimentation and knowledge reuse. Experimental activities often represent materialization in investments of the research that was carried out. Italian and international research groups have been identified² to prevent dispersion of knowledge. These groups fall in precise categories often concentrated on the building envelope, which is in constant evolution and which is assigned

Pierre Lévy nel suo libro *Cybercultura* pone il quesito: Le tecniche determinano la società o la cultura? Una certa tecnica, o meglio soluzione tecnologica, viene prodotta all'interno di una determinata cultura e quindi una data società è condizionata dalle proprie tecniche. Condizionata e non determinata.

A distanza di circa due decenni le trasformazioni delle tecnologie emergenti, lo sviluppo del patrimonio strumentale (grazie all'evoluzione dell'informatica) e la presa di coscienza sociale dei fenomeni di trasformazione del costruito hanno alimentato il dibattito e le riflessioni dell'area della produzione edilizia e della tecnologia dell'architettura in particolare. Altro elemento imprescindibile nelle attività di progettazione, è l'attenzione da porre ai cambiamenti climatici, da gestire in un'ottica di Climate Responsive Architecture (Spiegelhalter, 2016). L'industria europea forte in alcuni campi sembra dimenticare il settore delle costruzioni. Eppure La nuova produzione, così detta "adattiva" (Paoletti, 2017) nel settore delle costruzioni rappresenta la risposta alle forti pressioni della rivoluzione informatica. La quarta rivoluzione informatica (Floridi, 2014) e la rivoluzione industriale 4.0 (Schwab, 2016) si riferiscono a un impatto molto potente della tecnologia sulla produzione e sui metodi e richiede una vera evoluzione (quasi rivoluzione) nel settore delle costruzioni puntando sulla molteplicità di informazioni e dati presenti nella rete. La centralità del progetto esecutivo, in questo nuovo panorama, rappresenta il momento di sintesi tra l'azione intellettuale di redazione progettuale e conoscenza del settore produttivo (cultura tecnologica per il costruire) con la prospettiva di elaborare importanti sperimentazioni ed innovazioni da trasferire al settore industriale.

the task of managing energy exchanges between building and surrounding space (Alaimo, 2013). A proliferation of specialized knowledge and specific expertise tends to fragment the complex nature of the project and break the building process down into phases often endowed with excessive independence (Lavagna, 2008). For these reasons it is necessary to reunify the various operations and ongoing experimentation in this regard represents a great renewal of the way we design our cities, based on the Open Source movement and on new models of online participation. This is a revolution that regards us (Ratti, 2014).

Project decisional support models and protocols

«Aspects to be critically and proactively explored are the three basic moments of each specific design process:

the knowledge of human behaviors connected with reorganization of existential space; the architectural dimension of emerging technologies coming from different material production sectors; the interdependence existing between the existing instrumental heritage coming from human industriousness and the cultural context» wrote Edoardo Vittoria in 1998. The following year Pierre Lévy, in his book *Cybercultura*, posed the question: do techniques determine society or culture? A certain technique, or better yet technological solution, is produced in a specific culture and therefore a specific culture is conditioned by its own techniques. Conditioned and not determined.

About two decades later transformations in emerging technologies, development of the instrumental heritage (thanks to the evolution of IT) and so-

Il modello SMART System, supporto al processo edilizio

Lo studio ha preso in esame le fasi di controllo e verifica della qualità e della sostenibilità attraverso alcuni strumenti di pianificazione e strategie come il Total Quality Management e le differenti normative, protocolli ambientali, etichettature. La grande quantità di dati, e i diversi approcci culturali hanno costruito il quadro di riferimento.

Lo SMART System si compone di due parti:

- la sezione interna che è la struttura di base costituente il livello zero, matrice madre, nel quale convergono i sistemi di qualità ambientale, di processo e di prodotti, per l'attivazione della erogazione SMART;
- la sezione esterna che si sviluppa secondo 4 livelli (dal I° al IV°) ed è il prodotto finale, la SMART Network ovvero il servizio web che trasforma la ricerca in indicatori SMART che costituiscono lo SMART Protocol per le relative certificazioni.

La parte esterna (produce INPUT) e si sviluppa secondo livelli differenziati (in base ai LOD) e contiene la parte in cui si elabora il "progetto" interrogando la piattaforma.

Una parte interna (offre gli OUTPUT) rappresenta la base di livello zero, nel quale affluiscono le informazioni e i dati dei Sistemi di Qualità/Sostenibilità, dei prodotti validati, delle certificazioni, dei protocolli e di quanto necessario atto a determinare un progetto "sostenibile SMART". La partizione è interrogabile e, a seconda del livello di LOD (Livello di definizione o Livello di sviluppo da raggiungere) e agli obiettivi strategici del progetto prefissati, è possibile effettuare selezioni guidate per possibili scenari di supporto alla progettazione. Lo SMART System de-

cial awareness of transformation phenomena of the built environment have fueled debate and reflections on building production area and on the technology of architecture in particular. European industry, strong in certain fields, seems to have forgotten the construction sector. Yet the new, so-called "adaptive" (Paoletti, 2017), products in the construction sector represent the answer to strong pressures from the IT revolution. The fourth IT revolution (Floridi, 2014) and industrial revolution 4.0 (Schwab, 2016) refer to the powerful impact technology has on production and on methods. They demand a true evolution (almost revolution) in the construction sector focused on the multitude of information and data present in the internet. The centrality of the executive project, in this new panorama, represents the moment of synthesis between the intellec-

tual action of design and knowledge of the production sector (technological building culture) with the prospect of generating important experiments and innovations to be transferred to the industrial sector.

SMART System decision-making support for project and process

The study examined quality and sustainability verification and control phases using several planning tools and strategies, such as Total Quality Management, and various regulations, protocols and labeling processes. The large amount of data and the differing cultural approaches created the reference framework.

The Smart System consists of two parts:

- the internal section, which is the base structure constituting the zero level, the master matrix in which the

finisce gli indicatori e diventa base per la implementazione del sistema stesso secondo le logiche di PDCA Plan Do Check Act e del Total Quality Management. Molte sono, ovviamente, le criticità a partire dalla definizione dei LOD italiani della UNI 11337 (Pavan, 2017). A livello Europeo si è scelta la strada statunitense del concetto di LOD come livello di "sviluppo": attributi qualitativi incrementali. La gestione dei dati, confluiti nel progetto, presenti nel ACDat (Ambiente di Condivisione dei Dati o CDE) è affidata comunemente al progettista.

Attività, primi risultati e futuri sviluppi

La ricerca condotta, e in corso di applicazione, ha definito un modello SMART System di supporto decisionale alle differenti fasi del processo Edilizio in chiave BIM (Building Information Modeling) e finalizzata alla gestione del Processo in tutte le sue fasi.

L'approccio metodologico adottato si configura come un sistema dinamico attivo e adattivo alle differenti scale in grado di far dialogare su una apposita piattaforma informatica le esigenze di gestione delle diverse fasi del Processo Edilizio per il raggiungimento degli obiettivi prefissati (realizzazione di una nuova scuola NZEB) in logica BIM.

L'attuazione della ricerca ha sviluppato le attività osservando progetti di Pubbliche Amministrazioni degli ultimi 5 anni.

Prima fase definita conoscitiva e decisionale è stata articolata in due sotto-fasi:

- a) Individuazione dei casi di studio, sulla base dei diversi importi dei lavori (BIM obbligatorio in base al Codice dei contratti³ di cui al D.Lgs. n. 50/2016 e delle categorie intervento), selezionando le nuove costruzioni NZEB in applica-

environmental quality systems, processes and products all converge to activate inputs from the smart system;

- the external section which develops along 4 levels (from 1st to 4th) and which is the final product, the Smart Network, the web service that transforms the search into smart indicators that can enter into the Smart Protocol for the relative certification.

The external part (generating INPUT) develops according to different levels (based on the LOD). It contains the part where the "project" is elaborated by interrogating the platform.

An internal part (offering OUTPUT) represents the zero level base into which information and data flow regarding the Quality/Sustainability systems, validated products, certifications, protocols and all else necessary

to create a "SMART sustainable" project. Partitions can be interrogated and, depending on the level of LOD (Level of Definition or Level of Development to Achieve) and the strategic goals of the project, guided selections can be performed for possible design support scenarios. The SMART System defines the indicators and becomes the base for implementing the system according to a PDCA Plan Do Check Act logic and to Total Quality Management. There are obviously many critical points here, starting from the Italian definition of the LOD given in UNI 11337 (Pavan, 2017). At the European level it was decided to follow the US approach to the concept of LOD as a level of "development": incremental qualitative and quantitative attributes. Management of the data flowing into the project, present in the ACDat (Data Sharing Environ-

Quality is the base of SMART_System

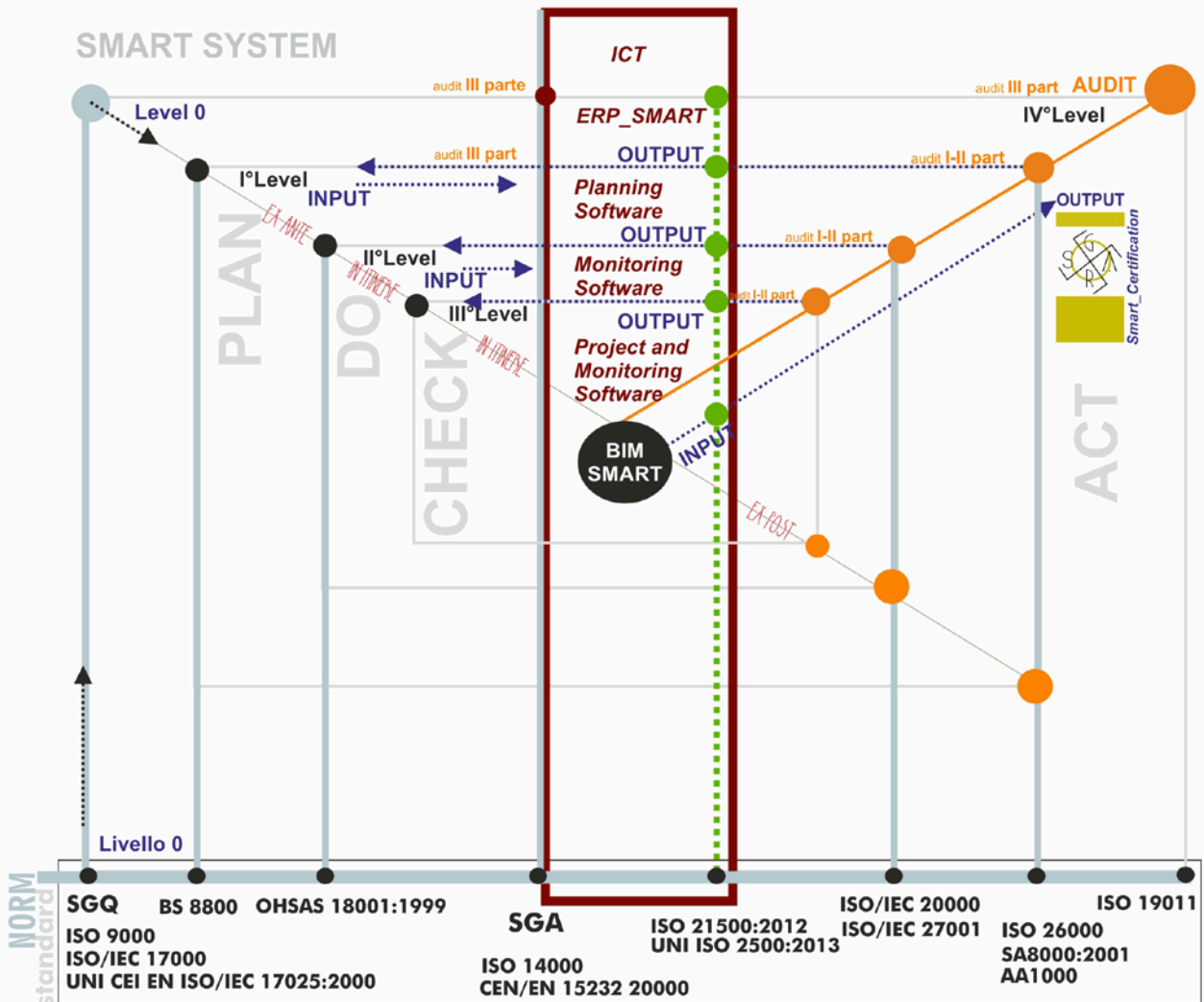
Level 0 is the matrix of entire system. It builds the operational levels of quality verification and defines through the ICT column the interactions between the phase of the project intervention (LCA Material_Building_City) and the control phase (Auditing)

Information & Communication Technology, manages SMART_Network

The Smart_Network is the web service that manages the reading software of the project intervention in its entire LCA Material_Building_City

Sustainability determines the processes of the SMART_Protocol

The set of indicators determined by the Auditing system, constitute the SMART_Protocol which through the ICT will indicate the phases of the project intervention (LCA Material_Building_City), evaluating the contents and assigning it a Smart score (of quality and sustainability) that will guarantee it the Smart_Certification



BSI PAS 99: Specification of common management system requirements as a framework for integration

- LEVEL 0** _____
 It constitutes the Structure_SMART defining the 4 LEVELS of Intervention and launching the System OUTPUTS
- OPERATOR ACCESS TO THE SYSTEM** _____
 The operator interacts with the system that provides him with a 4-level process and the support of an Auditor
- AUDIT SYSTEM (THE SMART_System is a part III AUDIT)** _____
 Third Party Control (SMART_Protocol users). It consists of *Internal Audit* and *Part II Audit* whose checks are performed by potential or actual partners in the organization.

zione della Direttiva Europea 31/2010/CE che stabilisce l'obbligo per gli edifici pubblici a partire dal 2019⁴. Studio della fase di programmazione, (partecipazione a bandi pubblici, project financing, reperimento fondi) e degli studi di fattibilità dell'opera. Analisi preliminare dei casi di studio (quadro conoscitivo, colloqui con funzionari e tecnici, sopralluoghi, reperimento di documentazione tecnico-amministrativa), finalizzazione dei risultati alla costruzione del quadro problematico di riferimento e alla elaborazione di un primo quadro prestazionale ed esigenziale (schede digitalizzate, data-base dedicati, individuazione protocolli, etichettature e certificazioni appropriate).

- b) Definizione degli obiettivi strategici, ovvero esplicitazione delle azioni di progetto e di processo per la gestione delle diverse fasi del Processo Edilizio (programmazione, progettazione, realizzazione, gestione e dismissione), attraverso la piattaforma dedicata SMART, appositamente progettata, per la razionalizzazione dei tempi e dei costi e in risposta a richieste specifiche di qualità e sostenibilità.

Per ciò che attiene la fase strategica, le attività hanno riguardato due aspetti.

- a) la programmazione delle differenti azioni del Processo Edilizio volte a massimizzare la qualità delle prestazioni degli edifici (in particolare energetiche per raggiungere edifici NZEB) e dei servizi per raggiungere obiettivi ottimali nella gestione del bene e per soddisfare le esigenze di carattere sociale espresse dall'utenza finale del bene anche in una ottica di fruizione urbana del bene stesso;
- b) la elaborazione di modelli metaprogettuali e la definizione di possibili scenari, anche alternativi tra loro, del nuovo sistema

di gestione del Processo Edilizio per la programmazione, realizzazione e gestione del bene attraverso la sperimentazione condotta su alcuni interventi campione, nei quali testare la piattaforma digitale generata (e quindi lo SMART protocol) al fine di sviluppare innovativi quadri relazionali tra le diverse fasi di progetto, i diversi operatori, materiali e sistemi costruttivi, norme e procedure, diversi protocolli, sistemi ed etichettature per gli aspetti ambientali, funzionali, economici e culturali.

Le fasi di metaprogetto hanno prefigurato sistemi di intervento (sono stati presi in esame edifici sino a 3 milioni di euro), con destinazione di uso pubblico (prevalentemente scuole di diverso grado con caratteristiche NZEB) prevedendo livelli di interazione tra Pubblica Amministrazione, progettisti, gestori/fruitori, manutentori incentrati su modelli relazionali innovativi impostati su logiche BIM e supportate da sistemi innovativi digitali.

La terza fase operativa, attualmente in corso di avvio e sviluppo dal punto di vista metodologico, strumentale e attuativo, costituirà il momento in cui, quanto previsto nella fase strategica, sarà direttamente sperimentato nella reale fattibilità attraverso interventi pilota. Tali azioni, ponendo particolare attenzione agli aspetti della qualità e della sostenibilità ambientale e agli aspetti economici e sociali, dovranno mirare alla individuazione e applicazione condivisa dei protocolli e sistemi individuati per garantire e privilegiare il miglior uso possibile del bene pubblico in una ottica di massima razionalizzazione dei costi e totale soddisfacimento dei bisogni della utenza.

La sperimentazione in corso segue due differenti percorsi distinguendo la nuova edificazione rispetto agli interventi sull'esistente. Tra i primi risultati, e vantaggi per le Pubbliche Amministra-

ment or CDE) is generally entrusted to the designer.

Activities, first results and future developments

The research that was carried out, and that is currently undergoing application, defined a decision-supporting SMART System for the various phases of the Construction process according to BIM (Building Information Modeling) and aimed at managing the Process in all its phases.

The methodological approach takes the form of an active dynamic system that adapts to different scales and that is able to have management needs for the different phases of the Building Process communicate on a specific IT platform in order to achieve predetermined objectives (construction, for example, of a new NZEB school) in BIM logic.

Research was carried out by observing Public Administration projects over the last 5 years.

The first phase, called the cognitive and decision-making phase, was divided into two sub-phases:

- a) Identification of case studies, based on the different costs of the works (BIM mandatory according to the Contracts Code³ pursuant to Legislative Decree n. 50/2016) and the participating categories, selecting new NZEB constructions by applying European Directive 31/2010/CE that establishes obligations for public buildings starting from 2019⁴. Study of the programming phase (participation in public tenders, project financing, fundraising) and of feasibility studies regarding the works. Preliminary analysis of case studies (cognitive framework, talks with officials and technicians, site

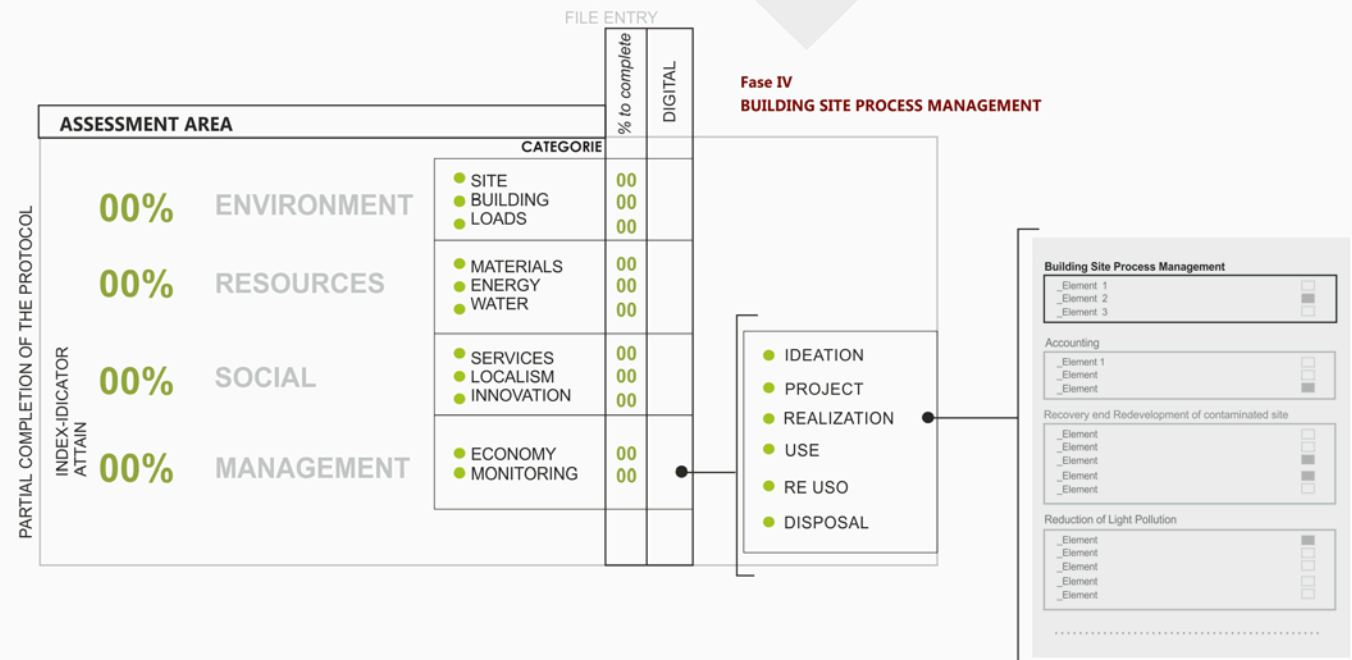
inspections, procurement of technical-administrative documentation), with results aimed at construction of a problem reference matrix and at compilation of a first schedule of services and requirements (digitized catalogues, dedicated databases, identification of protocols, appropriate labeling and certifications).

- b) Definition of strategic goals, i.e. clarification of design and process actions for managing the various phases of the Building Process (planning, design, construction, management, decommissioning and disposal) through the dedicated SMART platform, specifically designed to rationalize work times and costs and in response to specific quality and sustainability demands.

Activities regarding the strategic phase concerned two aspects:

- a) programming the different actions in the Building Process with the goal of maximizing the performance quality of the buildings (energy performance in particular, to achieve NZEB buildings) and the quality of services necessary to achieve optimal objectives in property management and meet the needs of a social nature expressed by the end users of the property, even from the standpoint of urban fruition of the asset itself;
- b) creation of meta-design models and definition of possible scenarios, alternative to each other, regarding the new Building Process management system for programming, building and managing the asset. This is done by experimentation on several sample interventions

ICT_Smart_Protocol



wherein to test the digital platform that was generated (and therefore the SMART protocol) with the goal of developing innovative relationship frameworks between the different project phases, the different operators, construction materials and systems, regulations and procedures, different protocols, systems and labeling for environmental, functional, economic and cultural aspects.

Meta-design phases prefigured intervention systems (examining buildings for public use costing up to 3 million Euros, mainly schools at different levels, with NZEB characteristics) calling for interaction between Public Administration, designers, users/managers, maintainers, focused on innovative relationship models based on BIM logics and supported by innovative digital systems.

The third phase of operations, currently being initiated and developed from the methodological, instrumental and implementation standpoints, will be the time when all that was foreseen in the strategic phase will be directly experimented in real feasibility through pilot projects. These actions, which pay particular attention to quality, environmental sustainability and economic and social aspects, will aim at identification and shared application of the protocols and systems to ensure and promote the best possible use of the public asset from the standpoint of maximum efficiency of costs and total satisfaction of user needs. Ongoing experimentation takes two different paths, distinguishing between new buildings and interventions on existing buildings. Digitization of information was among the first results advantageous to the Public Ad-

ministrations involved in the research. This information, not always present in digitized formats, regarded the pilot buildings (mainly schools) with acquisition of data regarding the geometric aspects of the buildings, administrative and technical documents, costs sustained to build the structure and the equipment relative to public asset management and maintenance operations. Operations followed managerial methods that favored transfer of the activities of the various environments (Technology transfer) and of the various research entities in the sectors involved and for the works that were chosen. Research is ongoing (and being verified in the field) using specifically designed management software that can unify the information from the different design and management software

packages (in BIM logic) with database information (for example the NBS National BIM Library) or those provided by the different manufacturers. In particular, in the research, the executive design phase tries to connect up all the building process phases through that which is the versatile and integrated design logic (BIM) in all its components: from choice of construction materials (eco-sustainable and recyclable) to design of technical systems, to innovative projects offering the right response to various problems such as energy efficiency, seismic performance, new social and economic requirements. Many guidelines for an integrated design can be taken from the different platforms which will be further enriched at the end of each design procedure involved in the various processes that have been activated. Giuseppe Ciribini wrote, at the start

zioni coinvolte nella ricerca, si è ottenuta la digitalizzazione delle informazioni, non sempre presenti in tale forma, degli edifici pilota (prevalentemente scuole) con l'acquisizione dei dati relativi agli aspetti geometrici degli edifici, agli atti amministrativi e tecnici, alle spese sostenute per la realizzazione dell'opera e al corredo relativo alle operazioni di manutenzione e gestione del bene pubblico. Uno specifico immediato vantaggio è stato riscontrato dalle Pubbliche Amministrazioni coinvolte, poiché attraverso la modellazione informativa è stato impostato un metodo per la gestione integrata del patrimonio immobiliare finalizzato al Facility Management, attraverso la collaborazione tra i vari soggetti interessati e l'aggiornamento costante del sistema, modello BIM Database, che diventa modello di Asset Information Management (AIM). Le operazioni seguono metodologie manageriali in grado di favorire il trasferimento delle attività dei vari ambiti (Technology transfer) e dei diversi attori della ricerca nei settori coinvolti per le opere individuate.

La ricerca è in corso di applicazione e di verifica, attraverso il software gestionale appositamente progettato in grado di unificare le informazioni dei differenti software di progettazione e gestione, (nella logica BIM), con le informazioni delle banche dati (come ad esempio la NBS National BIM Library) o quelle fornite dai diversi produttori. In particolare nelle attività di ricerca la fase di progetto esecutivo cerca di raccordare tutte le fasi del processo edilizio attraverso quella che è la logica della progettazione versatile e integrata, in logica BIM, in tutte le sue componenti: dalla scelta dei materiali da costruzione (ecosostenibili e riciclabili) alla progettazione degli impianti tecnici, ai prodotti innovativi per una giusta risposta alle diverse problematiche come efficienza energetica, risposta alle azioni sismiche, risposta alle

of the nineteen eighties «Today, however, technology, thanks to the extraordinary growth of calculators, to centralization of the most powerful ones and to their connection in networks as well as direct access to those from remote terminals, has taken on a new dimension: it has passed, that is, from a function of strengthening material activities to being an auxiliary element to the intellectual activities of man, becoming part of his spiritual culture. Which has led us to make a "distinction" between "strong" technology (the technology belonging to material culture) and "weak" technology (proper to cognitive culture) and, in this differentiation, this latter is led to take advantage of work instruments represented by the so-called automatic information (information technology) divulged through telecommunications systems (telematics)» (Bosia, 2013).

More than twenty years ago only the most enlightened thinkers had become aware of the ongoing revolution and urged future designers to immediately enter this new cultural climate with a future-oriented mentality. Today this invitation can only be even more strongly renewed.

NOTES

⁰ The paper, proposed by an under 35 researcher, has passed the acceptance phase of the abstract and consequently the "double blind review", obtained, on the part of the Techne Board, a positive evaluation for the publication with the No-Pay logic.

¹ From the report presented by G. Alaimo to the Ar.Tec - ISTeA - SITdA Joint Assembly on June 21, 2013 in Turin.

² The International Scientific Community, active on these issues, is represented by the IAARC (International

Association for Automation and Robotics in Construction) and CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) organizations which entered into a collaboration agreement in 2009.

«Oggi giorno, però, la tecnologia, grazie allo straordinario sviluppo degli ordinatori, alla centralizzazione di quelli più potenti e al loro collegamento in reti, nonché all'accesso diretto a quelli da terminali remoti, ha assunto una nuova dimensione: è passata, cioè, da una funzione di potenziamento delle attività materiali a elemento ausiliario dell'attività intellettuale dell'uomo, venendo a far parte anche della sua cultura spirituale. Il che ci ha portato a dover operare un "distinguo" tra tecnologia "forte" (la tecnologia appartenente alla cultura materiale) e tecnologia "debole" (quella propria della cultura cognitiva) e, in detta differenziazione, quest'ultima è portata ad avvalersi di mezzi di lavoro rappresentati dalla così detta informazione automatica (informatica), diffusa attraverso il sistema delle telecomunicazioni» (Bosia, 2013). Oltre venti anni fa solo i più illuminati pensatori avevano colto la rivoluzione in atto ed esortavano i futuri progettisti ad entrare da subito nel nuovo clima culturale con una mentalità proiettata verso il futuro. Oggi l'invito, a maggior ragione, non può che essere rinnovato.

NOTE

⁰ L'articolo, il cui proponente è un ricercatore under 35, dopo aver superato la fase di accettazione dell'abstract e il successivo referaggio effettuato con modalità "double blind", ha ottenuto, da parte del Board di Techne, una valutazione meritevole per la sua pubblicazione con la logica No-Pay.

represented by the IAARC (International Association for Automation and Robotics in Construction) and CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) organizations which entered into a collaboration agreement in 2009.

³ European Directive n. 31/2010/CE introduced the concept of nearly zero-energy buildings and requires all public buildings, constructed starting in 2019, to be nearly zero energy (NZEB - nearly Zero Energy Building). This obligation will be extended to private buildings starting in 2021.

⁴ A decree has been published, to implement the provisions of article 23, paragraph 13, of Legislative Decree n. 50/2016 (so-called Contracts Code), that defines the gradual introduction times and methods to be used by contracting authorities, granting administrations and businesses in order to

meet the obligatory nature of specific electronic instruments and methods, such as those for building and infrastructure modeling during design, construction and management of work phases and relative verifications. Enactment times are spread out over specific terms and stipulate, for complex works with tender amounts equal to or greater than 100 million Euro, initiation starting January 1st, 2019, those equal to or greater than 50 million starting January 1st, 2020; 15 million starting in 2021 and works costing less than 1 million starting 2025.

¹ Dalla relazione presentata da G. Alaimo all'Assemblea Congiunta Ar.Tec - ISTeA - SITdA del 21 Giugno 2013 a Torino.

² La Comunità Scientifica Internazionale, attiva su questi temi, rappresentata dalle organizzazioni IAARC (International Association for Automation and Robotics in Construction) e CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), che nel 2009 hanno stipulato un accordo di collaborazione.

³ La Direttiva Europea n. 31/2010/CE ha introdotto il concetto di edifici a energia quasi zero e impone che tutti gli edifici pubblici di nuova costruzione a partire dal 2019, siano a energia quasi zero (NZEB – Nearly Zero Energy Building). Tale obbligo sarà esteso anche agli edifici privati a partire dal 2021.

⁴ In attuazione a quanto previsto dall'articolo 23, comma 13, del D.Lgs. n. 50/2016 (c.d. Codice dei contratti), è stato pubblicato il decreto che definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche. I tempi di entrata in vigore sono scanditi nel tempo e prevedono per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, la decorrenza dal 1° gennaio 2019; pari o superiore a 50 milioni di euro dal 1° gennaio 2020; 15 milioni dal 2021 e opere inferiori a 1 milione dal 2015.

REFERENCES

Alaimo, G., Carbonari, A., Ciribini, A., Daniotti, B., Dell'Osso, G. R. and Esposito, M.A. (2012) (Eds.), *Il Mattone Mancante: verso l'Industria dell'Ambiente Costruito del 21° secolo*, Maggioli Editore, Milano.

Alaimo, G. (2013), "La Ricerca (Industriale) nella Produzione Edilizia: risultati ed orizzonti", *Techne, Journal, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 06, pp. 63-66.

Bosia, D. (2013), *L'opera di Giuseppe Ciribini*, Franco Angeli, Milano.

Floridi, L. (2014), *The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford.

Lavagna, M. (2008), "Ripensare il processo edilizio", in Lavagna, M. (Ed.), *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano, pp. 299-312.

Lévy, P. (1999), *Cybercultura. Gli usi sociali delle nuove tecnologie*, Feltrinelli, Milano.

Paoletti, I. and Misayaka, E. (2016), "Adaptive manufacturing: a new perspective for construction industry", *Back to 4.0: rethinking the digital construction industry*, Convegno internazionale ISTEa, Napoli, 30 giugno, 1 luglio, Maggioli Editore, Bologna. pp. 341-350.

Pavan, A. (2017), "Normativa e BIM", *Convegno Village 24*, 17 novembre 2017, Torino.

Ratti, C. and Claudel, M. (2014), *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*, Einaudi Editore, Torino.

Schwab, K. (2017), *The Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin, USA.

Spiegelhalter, T., Panarelli, G. and Di Tonno, C. (2016), *Climate Responsive Architecture, Climate change adaption and resource efficiency. Adattamento ai cambiamenti climatici ed efficienza delle risorse*, Franco Angeli, Milano.

Vittoria, E., (1994), "Il costruttivismo progettante", in Vittoria, E., La Creta, R. and Truppi, C. (Eds.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano, pp. 90-100.

L'indirizzo delle idee per la Rete delle Cose. Il progetto cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject

RICERCA
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Elisabetta Ginelli, Gianluca Pozzi,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

elisabetta.ginelli@polimi.it

gianluca.pozzi@polimi.it

Abstract. Le tecnologie abilitanti dell'industria 4.0, il ri-conoscimento della "centralità" del progetto e l'integrazione tra concezione e prassi progettuale sono alla base del progetto sperimentale cHOMgenius. Vincitore del Bando Smart Living, finanziato da Regione Lombardia per sostenere Progetti di S&I realizzati da partneriari di imprese e Università, il progetto risponde agli obiettivi di introdurre prodotti, processi/servizi nuovi o migliorativi dal punto di vista tecnologico, produttivo e organizzativo, per valorizzare il tema dell'"Abitare intelligente". cHOMgenius dimostra quanto l'*indirizzo delle idee*, rappresentato dall'approccio della cultura tecnologica di "esecutività" del progetto e di "anticipazione delle decisioni", produca innovazione per la *rete delle "cose"*.

Parole chiave: Esecutività del progetto; Industrializzazione; Costi del ciclo di vita utile; Condivisione della sperimentazione; Progetto evolutivo.

Introduzione

La cultura tecnologica della progettazione ha storicamente fondato il proprio approccio al progetto secondo un processo di co-rispondenza tra progetto/fattibilità e tra progetto/esecutività praticato e verificato in continuum sin dalla fase della sua concezione (Losasso, 2017). Tale è la motivazione per cui il progetto esecutivo non è considerato, in questo saggio, equivalente alla fase procedurale sequenziale della progettazione così come definita dal Codice degli Appalti, bensì intende discorrere del principio culturale/progettuale e della sua evoluzione significativa nella costruzione dell'opera architettonica, in relazione al tema della sostenibilità e dell'industrializzazione, e di quanto tale principio abbia rigorosamente diretto il progetto cHOMgenius, ora in fase di sperimentazione realizzativa.

Tale esperienza si innesta nel raggiungimento dei benefici attesi dall'Industria 4.0 (Ministero dello Sviluppo Economico, Piano Nazionale Industria 4.0, 2017) qui tradotti in: "flessibilità", connotata dalla produzione di piccoli interventi ai costi della grande scala ad alto valore semantico; "velocità" di passaggio tra realiz-

zazione del prototipo e produzione nella ricostituzione di una continuità tra progetto e produzione; "produttività", attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermo lavori; "qualità del prodotto finale" mediante monitoraggio della prototipazione; "qualità economico-ambientale" nella minimizzazione degli sfridi e nella ottimizzazione delle risorse mediante un preciso controllo del processo progettuale; "garanzia di competitività" del prodotto finale grazie a maggiori funzionalità derivanti dall'*Internet delle cose*, dalla rete strategica degli attori e dalla scelta "sistemica" dei prodotti e della loro gestione.

Esecutività del progetto, anticipazione delle decisioni e intervento reattivo: LA RICERCA

Vittoria nel 1997, per spiegare il significato di tecnologia dell'architettura, esordisce affermando cosa non è: non è tecnica costruttiva codificata, non è insieme di elementi costruttivi autonomi, non è supporto "fisico" alla composizione, non è l'omologazione del mondo del processo, del prodotto o dell'innovazione in contrasto con il mondo delle forme; «la cultura tecnologica della progettazione è lo strumento intellettuale della progettazione, in opposizione a una tecnica degli elementi costruttivi limitata alla esecutività dell'opera architettonica» (Vittoria, E. in Cupelloni, 1997).

Per quanto sopra richiamato il tema del progetto esecutivo nella sua accezione "asettica" è qui sostituito dal principio di esecutività del progetto in quanto posizione culturale di sapere tecnico, sinonimo di "possibilità" in quanto valore del progetto, nella precisa volontà di ri-collegare cultura e ragioni del progetto con la cultura e le ragioni della produzione (Scocciarino in Crespi, 1987) applicando una strategia di rete fra gli attori che concor-

The direction of ideas for the Internet of Things. cHOMgenius project. Prototype System&SharedProject

Abstract. Qualifying technologies of Industry 4.0, the recognition of the project's "centrality" and the integration between ideation and design practice are at the basis of cHOMgenius experimental project, winner of "Smart Living" call for tender and funded by Regione Lombardia to support experimental development and innovation projects (S&I) carried out by partnerships and universities. This project responds to the aim of introducing new or ameliorative products, processes/services from a technological, productive and organisational perspective, in order to valorise the 'Smart Living' theme. cHOMgenius proves that the *direction of ideas* (represented by the technological culture's approach to design, which need to be "accomplishable" and to "anticipate decisions") produces innovation for the *Internet of "things"*.

Keywords: Accomplishable design; Industrialisation; Costs of useful life cycle;

Sharing of experimentation; Evolutive design.

Introduction

The technological culture of design historically has had its approach based on a correspondence between design/feasibility and design/implementation, which has been verified and practiced on a continuous basis since the time of its ideation (Losasso, 2017). Hence, accomplishable design is not herein considered equivalent to its sequential procedural stage, as defined by the Code of public contracts; this essay rather focuses on the cultural/design principle and its significant evolution in relation to building construction and the concepts of sustainability and industrialization, as well as on how such principle has rigorously managed cHOMgenius project, which is now

undergoing a practical experimentation process.

Such experience is grafted onto achieving the expected benefits related to Industry 4.0 (Ministry of Economic Development, "Piano Nazionale Industria 4.0" national strategies, 2017), here translated into: "flexibility", i.e. production of small interventions as compared to the costs of high semantic value large scale; "rapidity" of the passage from prototype accomplishment to production within continuity restoration between design and production; "productivity", through shorter set-up times, reduction of mistakes and operational interruptions; "quality of the final product" by means of prototype monitoring; "economic-environmental quality" regarding the minimisation of shrinkages and the optimisation of resources, through the exact monitoring of design processes; "guaranteeing

rono alla progettazione, produzione e uso del prodotto finale. L'esecutività si affianca al concetto di anticipazione delle decisioni, considerato come strumento indispensabile per controllare la "possibilità" del progetto attraverso l'attenzione al processo progettuale con cui si giunge al prodotto.

Recentemente il principio di esecutività, in quanto "possibilità", ha trovato una più specifica declinazione nella progettazione tecnologica ambientale il cui ambito di interesse si dirige verso la gestione e il controllo delle scelte ambientali all'interno dell'economia circolare che, in questa sede, si esplicitano nella logica delle 3R.

Il significato tradizionale di *pro-jectare* si irrobustisce, esplicitando punti di vista ulteriori nell'affrontare la complessità del reale: la coscienza dell'utilizzo consapevole delle risorse e della gestione del fine vita rende ancora più esplicito nel progetto il senso del fattore "tempo". Nella recente storia il tempo, riferito alla durata dell'edificio, ha imposto il requisito di manutenibilità; riferito alla durata delle risorse, ha compreso il tema del risparmio energetico e dell'utilizzo di energia rinnovabile per la sostenibilità ambientale; riferito alla realizzazione ha imposto riduzione dei costi, maggior sicurezza in cantiere, ecc.

A sua volta la variabile costo non comprende più il solo costo di costruzione e di gestione ma incorpora ciò che viene denominato "costo del ciclo di vita" dell'edificio. Esso include le fasi che vanno dall'acquisizione della materia prima alla trasformazione, distribuzione, utilizzo e ai processi di fine vita, nonché tutti gli impatti ambientali, gli effetti sulla salute, i rischi legati alle risorse e gli oneri associati pertinenti per la società¹.

Tuttavia esiste un altro concetto di tempo, interpretato in termini dinamici, che si relaziona al futuro dell'edificio considerato in termini multidimensionali inteso come:

the competitiveness" of final products, thanks to increasing functionalities deriving from the Internet of Things, the operators' strategic network and the "systemic" choice of products and their management procedures.

Design implementation, decision anticipation and reactive intervention: RESEARCH

In 1997, in order to explain the meaning of architecture technology, Vittoria begins clarifying what it is not: it is neither a coded building technique, nor an assembly of autonomous building elements, a "physical" support for composition, the standardisation of the worlds of processes, products and innovation contrasting with the world of forms; «design technological culture is an intellectual tool of design, as opposed to a technique for building elements which is limited to the imple-

mentation possibilities of an architectural work» (Vittoria, E. in Cupelloni, 1997).

While the notion of accomplishable design has been previously stressed according to its "aseptic" sense, it will be replaced now by the principle of accomplishable design seen as a cultural position in terms of technical knowledge. Thus, it becomes synonym for "possibility" meant as design value, specifically aimed at reconnecting the culture/reasons of design and production (Scoccimarro, in Crespi, 1987) by applying a network strategy between cooperating operators in the fields of design, production and final product consumption.

Implementation goes along with the concept of decision anticipation, which is considered an essential tool to control design "possibility" as it focuses on the processes leading to the product.

1) risorsa nel suo insieme e come parti che lo compongono;

2) opera che tende alla "riduzione", che impiega e produce "riciclo" e che mira al "riuso" delle parti, nella logica delle 3R e dell'economia circolare (Fig. 1);

3) opera che si autorigenera, condizione strategica per una valorizzazione economica e per prolungarne il tempo di vita, essendo l'edificio considerato risorsa da rivalutare in continuo;

4) edificio che si trasforma, incorporando adattività e reattività.

L'introduzione del concetto di reattività, in uno scenario in cui il "riuso" si auspica diventi una fase riconoscibile del processo edilizio, apre a due interpretazioni: la reattività dell'edificio in relazione alla destinazione d'uso e la reattività delle parti, in quanto porzioni tecnologiche, utilizzabili per altre funzioni possibili. In questi termini, l'esecutività del progetto, in quanto posizione culturale di sapere tecnico, si ammantava di un ulteriore valore inglobando il tema dell'esecutività per l'anticipazione della trasformazione, supportando la possibile evoluzione del progetto stesso e la conseguente effettiva trasformazione dell'opera nel tempo. In questo modo di intendere l'esecutività, l'"innovazione" e la "progettazione evolutiva" vengono intese sia come percorso creativo, nell'accezione di ricerca dalla nascita di un'idea alla sua realizzazione, sia come organizzazione e gestione di un sistema di flussi informativi, atti alla costruzione di una conoscenza che mira al riconoscimento di soluzioni alternative (innovazione ricombinante) dinamiche e attive, capaci d'innescare miglioramento in un futuro immediato.

La qualità di un'opera (indicata dal Piano di Sviluppo dell'Industria 4.0) si misura in base alla capacità di progettare in una logica di resilienza, cioè di progetto predittivo (dell'"esserci", capace di includere la possibilità e il mutamento) e di adattività e

Implementation as "possibility" has recently developed a more specific declination with environmental technological design, whose scope of interest is oriented towards the management and the monitoring of environmental choices within circular economy, herein manifesting themselves through the 3Rs logic.

The traditional meaning of "*pro-jectare*" thus becomes stronger, clearly expressing further points of view when facing the complexities of reality: the awareness of a conscious use of resources and end-of-life management renders the meaning of "time" factor even more explicit within design. In recent history, time as building duration has imposed the maintainability requirement, whereas time as resource duration has included energy saving and renewable energy exploitation for environment sustainability; time as

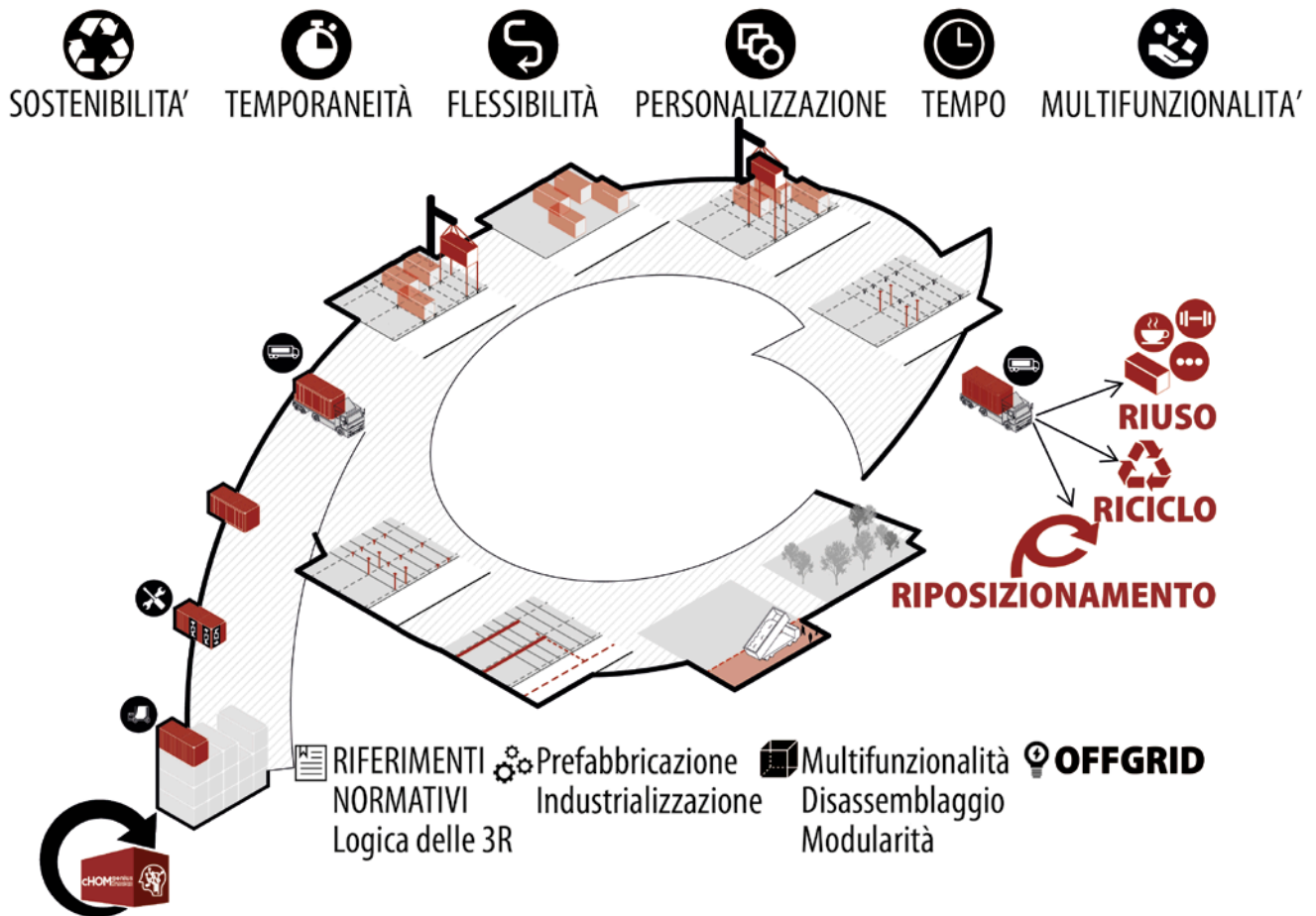
referring to fulfilment has required a decreasing in the costs, greater safety in yards, etc.

The cost variable currently no longer comprises only building and management costs, rather incorporating also the so-called "life cycle cost" of a building. The steps included therein range from the acquisition of raw materials to the transformation, distribution, use and end-of-life processes, as well as all environmental impacts, effects on health, resource-connected risks and associated burdens relevant to society¹.

However, there is another concept of time which is interpreted in dynamic terms and relates to the building's future, wherein the building is seen from a multi-dimensional perspective and considered as:

1) a resource as a whole and as its constituent parts;

01 |



- 2) a work tending to “reduction”, which uses and produces “recycle” and aims at “re-using” parts, within the meaning of the 3Rs logic and circular economy (Fig. 1);
 - 3) a work which auto-regenerates, which is a strategic condition related to economic valorisation and lifetime extension, as the “building” resource needs to be reassessed constantly;
 - 4) a building in continuous transformation, which incorporates adaptivity and reactivity.
- The introduction of the reactivity concept in a scenario where “re-use” is hopefully expected to become a recognizable step of building processes opens onto two interpretations: the building’s reactivity in relation to its intended use and the components’ reactivity as technological portions potentially performing other possible functions.

In this respect, accomplishable design as a cultural position in terms of technical knowledge assumes yet another value, absorbing the implementation theme to anticipate change and supporting the project’s possible evolution, as well as the work’s subsequent and actual transformation in time. Such interpretation of implementation leads to understand “innovation” and “evolutive design” as the creative path (from the research point of view) from the birth of an idea to its concrete accomplishment; as management and organisation means of an information flow system adapted to find alternative (recombining innovation), dynamic and active solutions, able to trigger improvement for the immediate future.

Work quality (as indicated by the development plan of Industry 4.0) is measured according to design capaci-

ties within a resilient, i.e. predictive design logic – the logic of “being”, embracing possibility and change) – and an adaptive and reactive context, able to evolve and transform its components (Perriccioli, Ginelli, 2018). Considerations about anticipation, adaptivity and reactivity within the meaning of the 3Rs logic introduce reversibility as a key design connotation. Such association incorporates the act of anticipating transformative implementation abilities, whose purpose is both to sum up competences and, through the sharing of design objectives, to build clusters to produce innovation (adaptivity) and introduce opportunity-generating solutions (reactivity).

Technological and technical solutions clearly play a fundamental role: among others, the industrialisation in the building sector (Norsa, 2017; Taylor,

2016) is considered an essential driver for the development of building industry (Cresme, 2018). This feature has been highlighted also in more recent regulations, e.g. the 7th requirement introduced by Regulation (EU) 305/2011 of the European Parliament as of 9th march 2011. In fact, said industrialization ensures the monitoring and efficiency of performances, the cheapness, the guarantee of results and a constant improving of product quality. It also allows for a collaborative contamination of competences, meaning new strategies taking form among operators; this would lead to the subsequent adoption of building solutions within the scope of circular economy, requiring cultural, design and management abilities with regards to multiple fields related to project development and stressing design centrality.

reattività (capace di trasformarsi e trasformare le sue parti) (Perriccioli, Ginelli, 2018).

Le riflessioni su pre-dizione, adattività e reattività, all'interno della logica delle 3R, introducono la reversibilità quale connotazione chiave del progetto che incorpora l'azione di anticipazione dell'escutività trasformativa il cui scopo non si limita a costruire una sommatoria di competenze ma, tramite la condivisione di obiettivi progettuali, costruisce cluster per generare innovazione (adattività) e introduce soluzioni per generare opportunità (reattività). Ovviamente le soluzioni tecnologiche e tecniche hanno un peso fondamentale: tra esse l'industrializzazione del settore delle costruzioni (Norsa, 2017; Taylor, 2016) ritenuta imprescindibile driver dello sviluppo del comparto edilizio (Cresme, 2018), carattere ribadito anche dalla recente normativa (tra cui il 7° requisito introdotto dal Regolamento UE 305/2011 del Parlamento Europeo del 09/03/2011). Essa è infatti in grado di garantire il controllo e l'efficacia delle prestazioni, l'economicità, la garanzia di risultato e il miglioramento continuativo della qualità di prodotto. Consente una contaminazione collaborativa delle competenze, che si traduce in nuove strategie fra gli attori, con conseguente implementazione di soluzioni costruttive nell'ambito dell'economia circolare, che richiede capacità culturali, progettuali e gestionali dei molteplici campi che riguardano l'elaborazione del progetto, ribadendone la centralità.

cHOMgenius. Soluzioni straordinarie per l'abitare intelligente. LA SPERIMENTAZIONE

zato per l'edilizia residenziale permanente, la cui risultante è in

L'impostazione teorico culturale sopra accennata è la base del progetto cHOMgenius. PrototypeSystem&SharedProject, un modello di sistema industrializ-

zato per l'edilizia residenziale permanente, la cui risultante è in

cHOMgenius. Extraordinary solutions for smart living. THE EXPERIMENTATION

The aforementioned technical-cultural approach is at the basis of cHOMgenius project. PrototypeSystem&SharedProject is an industrialised system template meant for permanent residential building trade, whose resultant has just begun to be constructed. The OFFGRID-character prototype is composed of fully "tightening" technical, constructive solutions; digital-type in-use management/energy solutions; and innovative, highly maintainable solutions for aseismic security and economic sustainability as compared to the offered performances.

The priority principles generating cHOMgenius are re-use – synonym for multiplied product life – the disassembling aptitude of components at

the end of their first/nth life and their re-usability in other lives even before they get recycled.

The project won the "Smart Living" call for tender funded by Regione Lombardia, supporting experimental development and innovation projects (S&I) aimed at introducing new or ameliorative products, processes/services from a technological, productive and organisational point of view and thus valorising the "Smart Living" theme. Besides the Politecnico di Milano, the project involves two partner businesses and over 20 supporting companies.

The methodological approach of cHOMgenius is enshrined in the notion of "Life Cycle Cost". It has been deemed able to produce effective and attested effects on the Smart Living chain by promoting and ensuring the system of ideas and the "Internet of

avvio di costruzione. Il prototipo, a carattere OFFGRID, è costituito da soluzioni tecnico-costruttive interamente "a serraggio", da soluzioni gestionali/energetiche in uso di tipo digitale, da innovative soluzioni di avanzata manutenibilità per la sicurezza antisismica e la sostenibilità economica in rapporto alle prestazioni offerte.

I principi prioritari che generano cHOMgenius sono il riuso, sinonimo di moltiplicazione della vita dei prodotti, la disassemblabilità dei componenti alla fine della loro prima/ennesima vita e la loro riutilizzabilità per altre vite prima ancora della loro riciclabilità.

Il progetto è vincitore del Bando Smart Living 2016, finanziato da Regione Lombardia, che sostiene Progetti di S&I, diretti all'introduzione di prodotti, processi/servizi nuovi o migliorativi dal punto di vista tecnologico, produttivo e organizzativo, per valorizzare la tematica dell'"Abitare intelligente". Il progetto vede, oltre al Politecnico di Milano, 2 aziende partner e più di 20 aziende di supporto.

cHOMgenius, la cui impostazione metodologica si sostanzia nel concetto di "costo del ciclo di vita", è stato ritenuto in grado di generare effettive e comprovate ricadute nella filiera dello Smart Living promuovendo e garantendo il sistema delle idee e la "rete delle cose" attraverso la ricerca di una "innovazione ricombinante".

Il progetto è incardinato sui principi di ibridazione e contaminazione fra settori produttivi differenti e di una forte condivisione di obiettivi fra gli attori.

In estrema sintesi, il principio guida dello studio si basa sulla volontà di innovare la produzione abitativa grazie a prodotti di "trasferimento", utilizzando soluzioni e prodotti multifunzionali ready taylor-made², cioè prodotti a funzioni molteplici, congiungenti l'esistente know-how produttivo con avanzate tecnologie

things", looking for "recombining innovation".

The project pivots on the principles of hybridisation and contamination among different production sectors, as well as on a strong sharing of objectives among operators.

In a nutshell, the study's guiding principle is based on bringing innovation to housing production using "transfer" products and multifunctional, ready tailor-made solutions² – i.e. products with multiple functions combining the existing know-how of production with advanced technologies, in order to provide an in-use "system/product" (the house) with almost null CO₂ generation.

The structural resource harnessed by the project is HC40' sea containers, whose characteristics make them compliant with the guiding principles (Islam, 2016). In fact, the employed

module guarantees high structural performances and does not need heavy additional elements to stabilise the system (Giriunas, 2012; Martinez-Garcia, 2014). Indeed, module aggregation is "direct" – that is, the modules are connected to each other without additional, "intermediate" spaces, thus avoiding the use of supplementary building technologies for the purposes of inserting covering and intermediate garrets. Heat insulations, fasteners and external sheathing are assembled in the workshop for the tightening, before on-site positioning (Fig. 2).

Methodology

Design invariants fit into such context, determining the established performances for the project's resultant. These performances can be summarised as:

- time variable management: short

per fornire un "sistema/prodotto" in uso (l'abitazione) a produzione di CO₂ quasi nulla.

Il progetto utilizza come risorsa strutturale HC40' marittimi, che, grazie alle loro caratteristiche, risultano conformi ai principi guida (Islam, 2016). Il modulo utilizzato, infatti, garantisce elevate prestazioni strutturali, senza la necessità di introdurre pesanti elementi aggiuntivi per la stabilità del sistema (Giriunas, 2012; Martinez-Garcia, 2014). L'aggregazione dei moduli è infatti "diretta", ovvero ogni modulo è collegato all'altro senza la necessità di spazi aggiuntivi "intermedi", evitando l'utilizzo di tecnologie costruttive supplementari per l'inserimento di solai di copertura e di solai intermedi. Il montaggio degli isolamenti termici, delle chiusure e dei rivestimenti esterni viene realizzato in officina per serraggio, prima del posizionamento in situ (Fig. 2).

Metodologia

In quest'ottica si inseriscono le invarianti di progetto che determinano le prestazioni stabilite per la risultante progettuale sintetizzabili in:

- gestione della variabile tempo: rapidi tempi di realizzazione, rapidi tempi di risposta agli stimoli esterni³ del sistema, rapidi tempi di smontaggio e riuso o riciclo ("tempo dinamico")
- trasferibilità: le soluzioni (tecno-tipologiche, morfologiche, strutturali, impiantistiche) sono trasferibili in altri contesti geografici ed esigenziali;
- innovazione progettuale e produttiva: trasferimento e/o adattamento da settori di componenti della produzione corrente di prodotti, tecniche e conoscenze, sia del settore edilizio che di altro settore (innovazione ricombinante);
- multifunzionalità qualitativa del sistema costruttivo, intesa

building times and quick response to external stimuli³ of the system, brief disassembly and re-use or recycle ("dynamic time");

- transferability: (techno-typological, morphological, structural and plant-engineering) solutions can be transferred into other geographical and necessity environments;
- design and production innovation: transfer and/or adaptation from production component sectors of current production of manufactures, techniques and knowledges, deriving both from the building industry and other sectors (recombining innovation);
- qualitative multifunctionality of the building system, seen as the possibility to use the whole system or its single components for multiple functions (adaptive system);
- reactive building system: from the

structural (aseismic active system), energy (building/plants integrated management) and technical perspective, related to the entire life cycle of the building and its components.

Originality

Design invariants have been conceived as technological, functional and object requirements/resources. They have been interpreted as *a priori* strategies due to their strong circularity character related to the use and re-use of the concerned resources, giving substance to the concept of "active resilience" of design; such feature is seen as a regeneration ability of the project's intrinsic value, thus becoming "valorising".

The proposal's originality consists in a double procedural approach to this topic: top/down (from "theory" to project and prototype); bottom/up (from

come possibilità di usare per più funzioni sia l'intero sistema che i singoli componenti (sistema adattivo);

- sistema costruttivo re-attivo: sia dal punto di vista strutturale (sistemi attivi anti-sisma), dal punto di vista energetico (gestione integrata edificio/impianti) e dal punto di vista tecnico, inteso come relativo all'intero ciclo di vita dell'edificio e dei suoi componenti.

Originalità

Le invarianti progettuali sono state concepite come requisiti/risorsa tecnologico-funzionali e oggettuali, intese come strategie a priori, per il loro carattere di forte circolarità nell'uso e riuso delle risorse coinvolte e che danno concretezza al concetto di "resilienza attiva" del progetto intesa come capacità di rigenerazione del suo valore intrinseco, proponendosi come progetto "valorizzativo".

L'originalità della proposta consiste nel duplice approccio processuale al tema: top/down, dalla "teoria" al progetto e al prototipo; bottom/up, dalla scelta dei prodotti all'esecuzione del prototipo attraverso una "valorizzazione del prodotto", utilizzato con minime modifiche e adattamenti.

Inoltre, l'uso dei contenitori HC che questo progetto persegue è profondamente diverso dalla maggior parte dei numerosi casi studio presi in esame all'interno di questa ormai diffusissima pratica di riuso: qui il container è puramente un modulo strutturale, non viene mai esibito e, grazie all'isolamento e rivestimento dall'esterno, la risultante progettuale può non manifestare in nessun modo la sua presenza.

Risultati

I criteri del progetto "valorizzativo" sopra descritti sono applicati al tema della casa unifamiliare.

the choice of products to prototype implementation through "product valorisation", with minimum variation and adaptation).

Moreover, this project pursues the harnessing of HC containers, which is profoundly different from most case studies examined in relation to such an extremely common re-use practice: here the container is merely a structural module, it never shows and, because it is insulated and sheathed on the outside, the project's resultant may not bear the signs of its presence in any way.

Results

The above-mentioned criteria for "valorising" design apply to detached houses.

The research experience manifests itself in the project of a building mock-up, with a surface of approx.

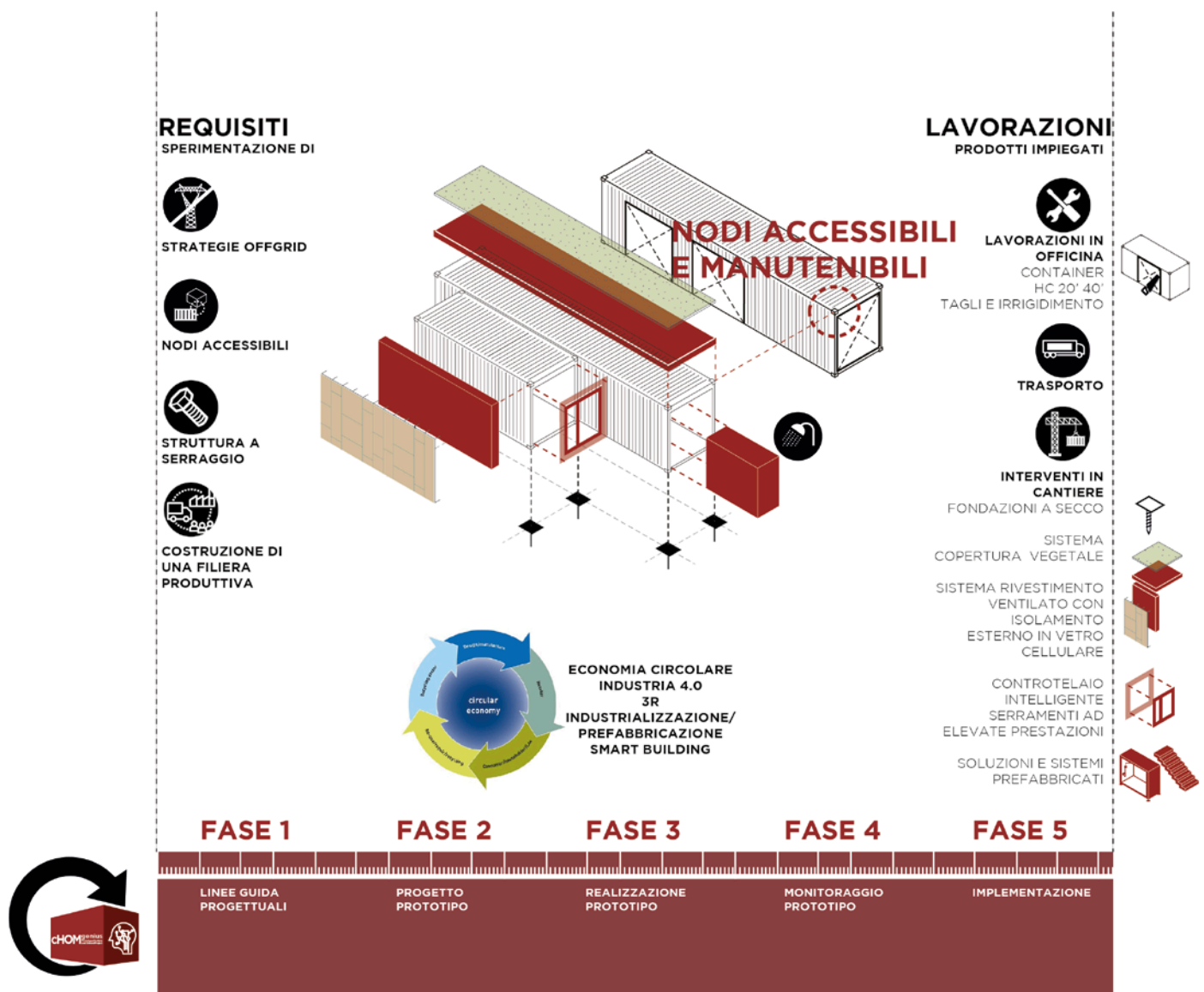
110 square metres developing on two levels. The project's criteria, provided by the technical-cultural tools used by the mock-up, have been classified by different life cycle stages of the intervention:

- 1) Construction of the building and its components, harnessing prefabrication and industrialisation;
 - dry technology with "tightening" techniques;
 - use of long-lasting transfer products (HC40' sea containers) as structural system and casing partial structure of the building;
 - use of dry attachment system on the ground, ensuring the reversibility of the soil's status for disassembly purposes;
 - use of products/system and off-site disassembly;
 - optimised management of dimensional tolerances;

L'esperienza di ricerca si realizza nel progetto di un mockup di un edificio con una superficie di circa 110 mq che si sviluppa su due livelli e che si è avvalso di strumenti tecnico-culturali che hanno fornito i criteri di progetto, suddivisi per differenti fasi del ciclo di vita dell'intervento:

- 1) Costruzione dell'edificio e delle sue parti utilizzando la prefabbricazione e industrializzazione:
- tecnologia a secco con tecnica a "serraggio";
 - utilizzo di prodotti di trasferimento ad alta durabilità (HC40' marittimi) come sistema strutturale dell'organismo edilizio e struttura parziale di involucro;

- utilizzo di un sistema di attacco a terra a secco, che garantisce la reversibilità dello stato del suolo per smontaggio;
- utilizzo di prodotti/sistema e assemblaggio off site;
- gestione ottimizzata delle tolleranze dimensionali;
- utilizzo di elementi prefabbricati (cellula bagno, connettivo verticale, ecc.);
- riduzione al minimo delle lavorazioni in cantiere;
- rovesciamento del processo di posa in opera di alcuni prodotti/sistemi;
- riutilizzo per altri scopi di parti rimosse in fase di lavorazione del sistema strutturale.



- 2) Gestione in uso dell'edificio e delle sue componenti:
 - indipendenza dalle reti di elettricità e gas (OFFGRID);
 - riduzione al minimo delle dispersioni termiche;
 - gestione facilitata del sistema tramite interfaccia semplificata per l'utente finale;
 - autoapprendimento delle apparecchiature elettromeccaniche (dalla gestione del clima ai piccoli elettrodomestici);
 - adattività prestazionale e tecnologica del sistema: sistema testato per differenti fasce climatiche;
 - sostituibilità dei giunti strutturali a prestazioni antisismiche.
- 3) "Fine vita" della funzione principale equivalente alla convertibilità senza trasformazione del sistema:
 - riutilizzo del sistema strutturale per altre funzioni con minimi interventi trasformativi;
 - multifunzionalità dei componenti;
 - flessibilità morfologico/dimensionale;
 - indipendenza tra cellula strutturale e cellula spaziale;
 - energia recuperata a fine funzione: l'energia grigia incorporata nel progetto è disponibile per altri usi.
- 4) "Fine vita" dell'edificio con riuso delle sue parti componenti
 - reversibilità dello stato del suolo per totale smontaggio del sistema di fondazioni;
 - totale smontaggio delle componenti;
 - riuso del sistema strutturale HC40';
 - totale riutilizzabilità delle componenti del sistema abitativo;
 - multifunzionalità delle componenti.
- 5) "Fine vita" dell'edificio e convertibilità delle sue parti componenti:

- use of prefabricated elements (bath cell, vertical connective, etc.);
 - minimisation of yard processing;
 - reversal of the installation process of certain products/systems;
 - re-use, for other purposes, of removed parts during the structural system processing stage.
- 2) In-use management of the building and its components:
 - gas and electricity network independence (OFFGRID);
 - minimisation of heat losses;
 - facilitated system management via a simplified interface for final users;
 - self-learning of electro-mechanical apparatuses (from climate management to small domestic appliances);
 - performance and technology adaptivity of the system: tested

- for different climate brackets;
 - replaceability of structural joints and aseismic performances.
- 3) "End of life" of the main function, equivalent to the system's convertibility without transformation:
 - re-use of the structural system for other functions, with minimised transformative interventions;
 - component multifunctionality;
 - dimensional/morphological flexibility;
 - independence between structural and spatial cells;
 - energy retrieved at the end of the function: the grey energy incorporated in the project is available for other purposes.
 - 4) "End of life" of the building, with component re-use:
 - reversibility of the soil's status, to totally disassemble the founda-

- smontaggio delle componenti;
- riciclo delle componenti dell'involucro;
- riciclo di parti delle lamiere del container.

Implicazione e impatti

cHOMgenius è un ricco intreccio di relazioni che assume il progetto come un'azione etica in regime di scarsità di risorse.

L'approccio culturale, le invarianti, i requisiti e le prestazioni attese, il caso applicativo e le verifiche strutturali ed energetiche previste sono il risultato di un processo di messa a sistema, secondo connessioni multifunzionali, immateriali e materiali, che producono una proposta progettuale, costruttiva e gestionale tecnologicamente avanzata (Ginelli, 2018).

I punti di forza sono molteplici: la manifestazione di interesse da parte di aziende provenienti da settori dell'edilizia e non e da enti (tra cui UNI) attenti all'innovazione; la contaminazione di settori produttivi e creazione di una rete di imprese fra settori diversi; la valorizzazione dei know-how esistenti intesi come saperi consolidati integrabili con tecnologie innovative "ricombinanti" visibili e invisibili; l'alta disponibilità di container intesi come risorsa seconda, a movimentazione facilitata, ad alta reperibilità e durabilità; le strategie progettuali per la replicabilità delle lavorazioni in officina e in cantiere (Bernardo, 2013).

La centralità del progetto viene qui dimostrata nella sua valenza di azione strategica tecnico-funzionale iniziale (prototipo) e nella replicabilità e personalizzazione della soluzione. Pur basandosi, infatti, su soluzioni legate all'industrializzazione e prefabbricazione, non si ammette serialità se non alla scala metaprogettuale-tecnica. Le opportunità innescate dalla proposta sono riassumibili in: evoluzione del settore delle costruzioni in termini energetici,

- tion system;
 - total component disassembly;
 - re-use of HC40' containers structural system;
 - total component re-usability of the housing system;
 - component multifunctionality.
- 5) "End of life" of the building and component convertibility:
 - component disassembly;
 - recycling of the casing's components;
 - recycling of parts of containers' sheets.

Impacts and implications

cHOMgenius is a reach maze of relations assuming design as an ethical action under lack of resources. The cultural approach, the invariants, the requirements and the expected performances, the applicative case and the planned structural/energy tests

result from the creation process of a system according to multifunctional, tangible and intangible connections producing a technologically advanced design, building and management proposal (Ginelli, 2018).

The strengths: the interest expressed by companies operating within and without the building industry, as well as by institutions focused on innovation (such as the Italian National Unification institution); the contamination of production sectors and the creation of an entrepreneurial network bridging different industries; the valorization of existing know-hows, seen as consolidated knowledge which could be integrated into innovative "recombining" technologies, both visible and invisible; the high availability of containers, meant as easily movable, long-lasting second resources; design strategies to replicate processing in workshops and

in cui si deducono nuove tendenze in termini di richieste prestazionali, forme d'uso dello spazio abitativo, costi, giro d'affari, tecnologie e tecniche costruttive, prodotti, componenti e sistemi alla scala nazionale ed internazionale; risposta all'attuale periodo di nuove sfide ambientali culturali ed operative e capacità competitiva di soddisfare esigenze differenziate con risposte tempestive; transizione verso l'Industria 4.0; diminuzione degli sprechi e utilizzo pro-attivo delle risorse; possibile evoluzione normativa per edifici a prestazioni incrementali, a soluzioni tecniche avanzate e innovative sul piano strutturale, energetico/ambientale, funzionale, fruitivo e manutentivo.

Limiti della ricerca

Certamente la proposta presenta ancora alcune criticità, in via di soluzione. Una criticità non trascurabile è la visione generalizzata legata ad una percezione negativa "dell'abitare in un container" con eventuali problemi di accettabilità. Questo problema è facilmente superabile in quanto il contenitore viene utilizzato come sistema strutturale per soluzioni abitative permanenti a prestazioni garantite, quindi non visibile se non per scelta del fruitore. Un'altra può essere rappresentata dalla scarsa proattività dell'apparato normativo vigente, in quanto strutturato su tecniche costruttive tradizionali e su rapporti dimensionali rigidi e prestabiliti; questo lo rende poco incline alla sperimentazione e abbassa il suo valore di sostenibilità istituzionale. L'utilizzo di componenti certificati e certificabili e autorizzati per la verifica strutturale e antisismica possono superare questo limite. Un altro problema potrebbe essere il controllo e la validazione della idoneità strutturale per l'uso residenziale: questo aspetto è mitigabile dalle specifiche operazioni di calcolo e monitoraggio

yards (Bernardo, 2013).

The project's centrality is proved according to its strategic-action, technical-functional initial value (prototype) and to solution replicability and tailoring. Although based on industrialisation- and prefabrication-linked solutions, it does not tolerate seriality except on a meta-design technical level. The opportunities triggered by the proposal could be summarised as: building sector evolution from the energy point of view, wherein new trends in terms of performance requests, forms of using the housing space, costs, turnover, building techniques and technologies, products, components and systems on the national and international scale; response to modern cultural, environmental and operational challenges, and competitive ability to satisfy differentiated needs with timely reactions; transition towards

Industry 4.0; reduction of wastes and proactive use of resources; possible regulatory evolution for incremental performance buildings, harnessing advanced and innovative technical solutions from structural, energy/environmental, functional, fruitive and maintenance perspectives.

Research limits

The proposal obviously still features some problems, for which a solution is being developed. One particular, non-negligible issue is the generalised view linked to a negative perception of "living in a container", implying some acceptability difficulties. However, a solution is readily at hand: the container is used as structural system for permanent, performance-granting housing complexes; hence the user won't see it, unless he chooses to. Further, the current legislation lack-

ing proactivity can represent another issue. As it is based on traditional building techniques and rigid, pre-established dimensional relations, it is also less inclined to experimentation and thus imbues a lower institutional sustainability value. The use of certificated and authorised components for structural and aseismic testing could help overcoming such obstacle.

Also controlling and validating structural eligibility for the purposes of residential use could pose a problem: this aspect can be smoothed by given calculations and monitoring measures envisaged in the project (even remotely). Specific, local environmental rules can potentially become a limit condition, however mitigated by the flexibility of energy/plan-engineering solutions and "personalisation" possibilities: the project's ultimate end. A prototype will be built by the end of

NOTE

¹ Cfr. Raccomandazione della Commissione del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.

² Si intendono prodotti il cui grado di progettazione consente una adattabilità e personalizzazione per ogni singola applicazione, ben diversi dal concetto di prefabbricazione tradizionale.

³ Sia da parte dei fruitori, sia da parte del contesto localizzativo.

REFERENCES

- Bernardo, L.F.A. *et al.* (2013), "Use of refurbished shipping container for the construction of housing buildings: details for the structural project", *J. Civ. Eng. Manage.*, Vol. 19, pp. 628-646.
- Cresme (2018), *XXVI rapporto congiunturale e previsionale. Il mercato delle costruzioni 2018-2023*, Cresme, Roma.
- Crespi, L. (Ed.) (1987), *La progettazione tecnologica*, Alinea, Firenze.
- Cupelloni, L. (1997), *Antichi cantieri moderni. Concezione, sapere tecnico, costruzione da Iktinos a Brunelleschi*, Gangemi, Roma.

2019, which will be constantly monitored. It will be the occasion to validate research objectives from the theoretic, constructive, structural and energy point of views, including through dynamic checks, active solicitations and component disassembly/substitution tests.

NOTES

¹ See the Commission Recommendation of 9th April 2013 related to the use of common methodologies to measure and communicate environmental performances during products and organisations' life cycle.

² I.e. products whose design level allows them to be adaptable and tailored to every single application, strongly differing from the notion of traditional prefabrication.

³ By both users and the localisation context.

Ginelli, E., Chesi, C., Pozzi, G., Maistrello, M. and Lazzati, G. (2018), "Modular integrated smart house: prefab for performance and environment. An innovative research experience for Italy", *Proceedings of the 4th Biennial Residential Building Design & Construction Conference*, February 25-March 1, State College, PA, USA, pp. 565-579.

Giriunas, K., Sezen, H. and Dupaix, R.B. (2012), "Evaluation, modeling, and analysis of shipping container-building structures", *Engineering Structures*, Vol. 43, pp. 48-57.

Islam, H. *et al.* (2016) "Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction", *Energy and Buildings*, Vol. 128, pp. 673-685.

Losasso, M. (2017), "Between theories and practices: Culture, technology, design", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 9-13

Mialet, F. (2017), "Batiment reversible", *AMC*, Vol. 262.

Martinez-Garcia, M. (2014), "Alternative Housing: The Shipping Container Home", Center for Realtor Technology (CRT), National Associations of Realtors.

Norsa, A. (2017), "Lo scenario dell'offerta di costruzioni. The scenario of construction supply", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 77-81.

Perriccioli, M. and Ginelli, E. (2018), "Progettare per l'abitare: strategia e tattiche per affrontare il mutamento", in Lucarelli, M.T., Mussinelli, E. and Daglio, L., *Progettare Resiliente*, Maggioli, Milano.

Taylor, S. (2016), *Off-Site Production in the UK Construction Industry - A Brief Overview*, Construction Engineering Specialist Team, HSE, UK.

Digital Control Room per il progetto e la gestione degli edifici complessi

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Liala Baiardi^a, Ingrid Paoletti^a, Valentina Puglisi^a, Stefano Converso^b,

^a Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

^b Dipartimento di Architettura, Università degli studi Roma Tre, Italia

liala.baiardi@polimi.it
ingrid.paoletti@polimi.it
valentina.puglisi@polimi.it
stefano.converso@uniroma3.it

Abstract. Il settore delle costruzioni è stato protagonista di una rivoluzione digitale che ha coinvolto l'intero processo edilizio sia nell'ambito dell'innovazione tecnologica legata alla produzione che nel cambio di prospettiva e metodologia operativa. Grazie allo sviluppo crescente dei modelli gestionali del processo edilizio e dei sistemi informatici che ne hanno facilitato l'integrazione e gestione delle informazioni, si è arrivati a considerare l'edificio come protagonista di un processo da seguire lungo tutta l'evoluzione del suo ciclo di vita. L'articolo mette in relazione il progetto esecutivo all'innovazione di processo e di prodotto connesse alla modalità di esercizio di Facility Management, cogliendo i benefici derivanti dalle potenzialità di implementazione dei sistemi BIM nella sua versione orientata al web e ai server.

Parole chiave: Building Information Modeling; Facility Management; Interoperabilità; Processi.

Introduzione

Gli edifici moderni sono frutto di un processo costruttivo in larga parte industrializzato, sia per la componente edilizia che quella impiantistica. La compenetrazione dei sistemi edilizio, impiantistico tradizionale e la nuova generazione di impianti cosiddetti "speciali"¹ a corrente debole, ha profondamente modificato il processo progettuale rendendo controproducente continuare a progettare gli impianti separatamente dalla componente edilizia, così come sul piano realizzativo costruire prima la struttura edile dell'edificio e successivamente realizzare le diverse tipologie di impianti (Tronconi, Ciaramella, 2014). La nuova generazione di edifici comporta inevitabilmente una crescita della complessità e delle attività manutentive che evidenziano la necessità di superare l'impostazione dell'attività manutentiva come intervento post guasto, per approdare a una visione programmata e sinergica di questa attività. Per assicurare il mantenimento del valore di un'opera durante il suo ciclo di vita, tale impostazione richiede un approccio in-

Digital control room
for the project and
management of complex
buildings

Abstract. The construction sector is the protagonist of a digital revolution that involved the entire building process both in the technological innovation linked to production and in the change of perspective and operational methodology. Thanks to the increasing development of the management models of the building process and of the IT systems that have facilitated its integration and management of information, the building has come to be considered as the protagonist of a process to follow throughout the evolution of its life cycle. The article relates the executive project to process and product innovation related to the Facility Management operating mode, grasping the benefits deriving from the implementation potential of BIM systems in its oriented version to the web and servers.

Keywords: Building Information Modeling; Facility Management; Interoperability; Process.

tegrato tecnologicamente avanzato e strettamente connesso al progetto esecutivo.

Le attività di gestione e manutenzione degli edifici coinvolgono diverse competenze e si sviluppano per l'intero ciclo di vita, richiedendo un sistema informativo completo per acquisire e recuperare i dati relativi alle attrezzature per l'edilizia (Motawa and Almarshad, 2013, Nummelin *et al.*, 2011).

Oggi giorno, le attività di manutenzione giornaliera dei Facility Manager si basano su informazioni derivate dai cosiddetti sistemi CMMS e CAFM (*Computerized Maintenance Management Systems* e *Computer Aided Facility Management*) (McArthur and Bortoluzzi, 2018) che utilizzano metodi convenzionali quali dati tabulati e disegni/mappe in due dimensioni. La riflessione sull'apporto che un approccio 3D e *Object Oriented*, tipico dei sistemi BIM possa apportare a tale pur ottimizzato scenario è un campo di ricerca che esula da una prospettiva puramente tecnico-informatica, per allargarsi all'attività e al profilo stesso i protagonisti dell'attività di gestione, che in qualche modo possa venir sottratta ad un ambito strettamente tecnico.

Nel corso degli ultimi anni, sono state svolte numerose attività di ricerca volte all'analisi dei metodi Building Information Modeling (BIM) al fine di elaborare possibili implementazioni a beneficio delle operazioni di manutenzione, tra cui la gestione delle strutture e la manutenzione e gestione dell'energia (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Eastman *et al.*, 2011; Teicholz, 2013). In tale ottica il BIM è visto come una soluzione per la condivisione di dati tra più sistemi (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Motawa and Almarshad, 2013; Teicholz, 2013; Utica, 2010) e, con le sue fun-

Introduction

Modern buildings are the result of a largely industrialized construction process, both for the building component and the plant component. The interpenetration of building systems, traditional plant engineering and the new generation of so-called "special"¹ low current systems, has profoundly changed the design process making it counterproductive to continue to design the plants separately from the building component, as well as on the construction plan to build before the building structure of the building and subsequently realize the different types of plants (Tronconi, Ciaramella, 2014). The new generation of buildings inevitably involves an increase in complexity and maintenance activities that highlight the need to overcome the maintenance activity as a post-fault intervention, in order to arrive at

a planned and synergic vision of this activity.

To ensure the maintenance of the value of a work during its life cycle, this approach requires a technologically advanced integrated approach closely linked to the executive project.

Building management and maintenance activities involve different skills and are developed for the entire life cycle, requiring a complete information system to acquire and recover data related to construction equipment (Motawa and Almarshad, 2013, Nummelin *et al.*, 2011).

Nowadays, the Facility Managers daily maintenance activities are based on information derived from the so-called CMMS and CAFM (*Computerized Maintenance Management Systems* and *Computer Aided Facility Management*) systems (McArthur, Bortoluzzi, 2018) that use conventional methods

zionalità di archivio dati, presenta il potenziale per consentire ai responsabili della struttura di ridurre al minimo il tempo di attesa delle attività non produttive necessarie per la manutenzione. Allo stesso tempo e simmetricamente, l'approccio digitale 3D consente anche un avvicinamento al tema da parte dei non tecnici, e un supporto all'attività di gestione sinergica mediante la alta accessibilità di un ambiente 3D. A tale ambito fanno riferimento tutti gli studi e le ricerche sul tema della "Gamification", e dell'uso di tecnologie, protocolli e librerie di Gaming in ambito architettonico e ingegneristico.

Sulla base di tali premesse, il testo illustra i principi alla base del progetto di sviluppo, sperimentazione e innovazione "Digital 3D Control Room for Healthcare"², selezionato e finanziato dalla Regione nell'ambito del programma Smart Living. Il progetto è svolto in linea con la strategia comunitaria H2020, finalizzata ad una crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva.

Il progetto Digital 3D Control Room for Healthcare

Il progetto Digital 3D ha l'obiettivo di mettere in relazione il progetto esecutivo all'innovazione di processo e di prodot-

to connesse alla modalità di esercizio di Facility Management (FM), delineando un modello operativo per il controllo intelligente e dinamico dell'edificio. Il modello è basato sull'interoperabilità dei dati in grado di gestire, in forma coordinata, l'intero processo, a partire dalla progettazione e coinvolgendo, a più livelli, tutti gli attori della filiera dell'abitare in un formato di gestione intelligente e dinamico dell'edificio.

Il software di gestione, sviluppato sulla base del modello elaborato dal progetto Digital 3D, non rimane solo di dominio dei

such as tabulated data and drawings/maps in two dimensions. The reflection on the contribution that a 3D and Object Oriented approach, typical of BIM systems, can make to such an optimized scenario is a research field that goes beyond a purely technical-IT perspective, in order to extend itself to the activity and to the profile itself the protagonists management activity, which may in some way be subtracted from a strictly technical sphere.

Over the past few years, numerous research activities have been carried out aimed at analyzing the Building Information Modeling (BIM) methods in order to elaborate possible implementations for the benefit of maintenance operations, including the management of the structures and the maintenance and management of the 'energy (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Eastman *et al.*, 2011; Teicholz, 2013).

In this perspective, BIM is seen as a solution for sharing data between multiple systems (Becerik-Gerber *et al.*, 2012; Motawa and Almarshad, 2013; Teicholz, 2013; Utica, 2010) and, with its archive functions data, presents the potential to allow the managers of the structure to minimize the waiting time of non-productive activities necessary for maintenance.

At the same time and symmetrically, the 3D digital approach also allows for non-technical approach to the theme, and support for synergic management activity through the high accessibility of a 3D environment. All the studies and research on the subject of Gamification and the use of Gaming technologies, protocols and libraries in the architectural and engineering fields refer to this area.

Based on these premises, the text illustrates the principles underlying the

tecnici ma diventa più accessibile, mediante un applicativo BIM integralmente *Web Based*, a tutti gli attori della filiera che potranno usufruire di tutti i dati dell'edificio. Con questo modello, l'edificio acquista un suo "mirror" digitale (racchiuso dal settore emergente dei "Digital Twin") sul quale tutti i fornitori e i manutentori possono operare, ma aperto, appunto e accessibile ai "non tecnici/Gamers".

L'elaborazione del modello Digital 3D

L'elaborazione del modello Digital 3D è basata sui principi internazionali generali riguardanti la

modalità di implementazione e di utilizzo del BIM nelle fasi di progettazione, costruzione e conduzione dell'ambiente costruito. La rappresentazione a rampa del BIM *Maturity Diagram* (Bew-Richards, 2010) mostra una transizione sistematica dei livelli di maturità BIM (Fig. 1).

Al "livello 0", la realizzazione e la conduzione di progetti/asset è basata su informazioni bidimensionali (2D), fondamentalmente su supporto cartaceo.

Il "livello 1" segna una transizione da un ambiente cartaceo a un ambiente 2D e 3D, con uno spostamento del focus sulla collaborazione e sulla condivisione di informazioni.

Al "livello 2" si passa a un metodo comune di produzione, scambio, pubblicazione e archiviazione delle informazioni. Contestualmente, lungo la rampa del "livello 2", inizia l'inclusione nel modello di intelligence e metadati aggiuntivi. Trattandosi di modelli proprietari e incentrati sulle singole discipline, questo livello è talvolta definito "pBIM". L'integrazione del modello avviene sulla base di un ambiente di dati comune (CDE, Common Data Environment).

project of development, experimentation and innovation "Digital 3D Control Room for Healthcare"², selected and financed by the Region within the Smart Living program. The project is carried out in line with the H2020 community strategy, aimed at smart, sustainable and inclusive growth.

The Digital 3D Control Room Project for Healthcare

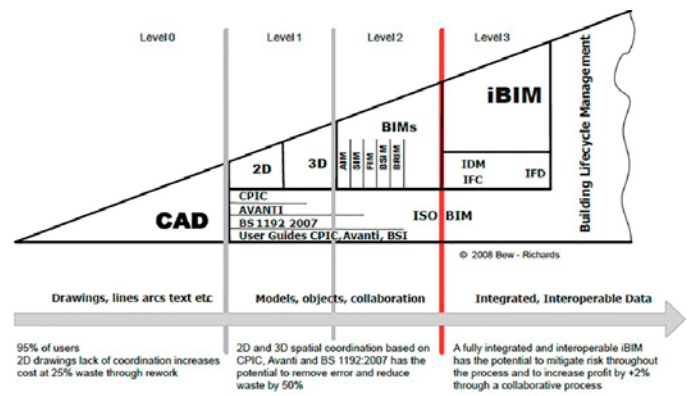
The Digital 3D project aims to connect the executive project to the process and product innovation related to the Facility Management (FM) operating mode, outlining an operational model for intelligent and dynamic building control. The model is based on the interoperability of data capable of managing, in a coordinated form, the entire process, starting from the design and involving, on several levels, all the actors of the supply chain of living in an

intelligent and dynamic management format building.

The management software, developed on the basis of the model developed by the Digital 3D project, remains not only a domain of the technicians but becomes more accessible, through an integrally *Web Based* BIM application, to all the players in the supply chain who can take advantage of all the data building. With this model, the building acquires its own digital "mirror" (enclosed by the emerging sector of the "Digital Twin") on which all suppliers and maintainers can operate, but open, precisely and accessible to "non-technicians/Gamers".

The elaboration of the Digital 3D model

The development of the Digital 3D model is based on the general international principles regarding the im-



Al “livello 3” si raggiunge un “iBIM” completamente integrato, contrassegnato dall’uso di un singolo modello accessibile a tutti i membri del team. Questo livello di BIM utilizza il 4D, 5D e il 6D (gestione del ciclo di vita dell’immobile, Facility Management). L’ambiente 4D include la pianificazione e gestione dei tempi della fase costruttiva, comprese la logistica e le operazioni di cantiere. Il 5D aggiunge la gestione dei costi e la possibilità di effettuare analisi di previsione economica e contiene informazioni tecniche ed economiche come quantità, costi unitari e totali dei materiali. L’ambiente 6D estende il modello al Facility Management.

Se saranno correttamente eseguiti gli aggiornamenti sulla base degli sviluppi in fase d’opera, a ultimazione dei lavori si ottiene il modello “as built”. Questo contiene tutte le specifiche di gestione e manutenzione, manuali e informazioni di garanzia utili per le future manutenzioni. Sarà inoltre possibile monitorare i costi del ciclo di vita di un edificio e ottimizzarne l’efficienza e valutare costi/benefici di eventuali aggiornamenti proposti.

Inoltre la BIM Policy (BIM report, 2012) del governo britannico ha introdotto il concetto di GSL (*Government Soft Landing*) al fine di favorire un più stretto allineamento della fase di progettazione e costruzione con quella della conduzione e della gestione del bene. Il GSL garantisce la centralità del fine dell’immobile già dalle fasi di progettazione e costruzione, fino alla consegna e alla conduzione, assicurando un precoce coinvolgimento dell’utente finale. Tramite il GSL il team di progettazione e costruzione assiste l’utente finale al completamento dell’utilizzo dell’immobile, oltre che nella fase di valutazione e feedback post-occupazione (*Post Occupancy Evaluation - POE*).

plementation and use of BIM in the design, construction and management phases of the built environment.

The ramp representation of the BIM Maturity Diagram (Bew-Richards, 2010) shows a systematic transition of BIM maturity levels (Fig. 1).

At “level 0”, the realization and management of projects/assets is based on two-dimensional (2D) information, basically on paper.

The “level 1” marks a transition from a paper environment to a 2D and 3D environment, with a shift in focus on collaboration and information sharing.

At “level 2” we move to a common method of producing, exchanging, publishing and storing information. At the same time, along the “level 2” ramp, the inclusion in the intelligence model and additional metadata begins. Being proprietary models focused on individual disciplines, this level is

sometimes called “pBIM”. Model integration is based on a common data environment (CDE, Common Data Environment).

At “level 3” a fully integrated “iBIM” is reached, marked by the use of a single model accessible to all team members. This level of BIM uses 4D, 5D and 6D (management of the life cycle of the building, Facility Management). The 4D environment includes the planning and management of the construction phase, including logistics and site operations. The 5D adds cost management and the possibility of performing economic forecasting analysis and contains technical and economic information such as quantity, unit costs and total materials. The 6D environment extends the model to Facility Management.

If updates are correctly carried out based on developments in the work

Metodologia di definizione e sviluppo del modello

La metodologia di baseline per la definizione del modello Digital 3D ha comportato le seguenti fasi:

fasi:

- analisi della progettazione tradizionale con individuazione sia di carenze/mancanze e limitazioni che di possibilità di implementazione dei sistemi BIM in ottica FM;
- valutazione delle attuali procedure in atto al fine di introdurre parte delle stesse, se rilevanti, nel nuovo modello;
- sviluppo un nuovo modello di gestione degli edifici esistenti tenendo in considerazione l’intero ciclo della costruzione o riqualificazione dell’edificio;
- esame e condivisione della metodologia elaborata dai principali attori della filiera immobiliare;
- stesura della lista di *requirement* da soddisfare con la creazione del software.

L’originalità è data dall’evoluzione di un modello BIM di progetto e di cantiere con la sua esecuzione anche nella successiva gestione e vita dell’edificio, portando a compimento un esempio di filiera integrale BIM con una garanzia di associatività e permanenza fluida del dato lungo il processo.

La sperimentazione e la validazione del nuovo modello è stata effettuata tramite l’applicazione ad un caso reale di ristrutturazione

phase, the “as built” model is obtained upon completion of the work. This contains all the management and maintenance specifications, manuals and warranty information useful for future maintenance. It will also be possible to monitor the costs of a building’s life cycle and optimize its efficiency and evaluate the costs / benefits of any proposed updates.

Furthermore the BIM Policy (BIM report, 2012) of the British government introduced the concept of GSL (*Government Soft Landing*) in order to favor a closer alignment of the design and construction phase with that of the management and management of the asset. The GSL guarantees the centrality of the end of the property from the design and construction phases up to the delivery and operation, ensuring an early involvement of the end user. Through the GSL, the design and con-

struction teams assist the end user in completing the use of the property, as well as in the post-occupation assessment and feedback phase (*Post Occupancy Evaluation - POE*).

Model definition and development methodology

The baseline methodology for defining the Digital 3D model involved the following phases:

- analysis of traditional design with identification of both shortcomings / deficiencies and limitations and the possibility of implementing BIM systems from an FM perspective;
- evaluation of the current procedures in place in order to introduce part of them, if relevant, into the new model;
- development of a new management model for existing buildings taking

zione di un edificio complesso di edilizia ospedaliera e ha comportato la creazione di una innovativa piattaforma digitale *Web Based* che integra la tecnologia BIM con una piattaforma di FM³.

I risultati dell'integrazione BIM+FM: la Open Control Room

I risultati dell'integrazione BIM+FM sono rappresentati dalla "Open Control Room", uno spazio dove l'accesso al modello alla mole di Big Data ad esso associati, viene mediato da nuovi professionisti che sono in grado di attivare le relazioni tra i dati e fornire un continuo feedback a operatori interni ed esterni (Agent).

La "Open Control Room" e la piattaforma ad essa collegata, rappresentano un'evoluzione di quella che nei cantieri evoluti di oggi è la "BIM Room", un "reference di modello" in cui operatori dedicati fanno da riferimento a tutta la galassia degli operatori, in presenza e a distanza.

La piattaforma utilizzata dagli Agent censirà, in maniera rapida, strutturata e interattiva i dati di carattere tecnico/energico, catastale, contabili, di imposte, manutenzioni e garanzie, con le seguenti specificità:

- integrazione *Cloud* di un ambiente condiviso 3D "di rete" e del concetto di "Internet delle Cose" (IoC), che mira a rendere ogni edificio "una emittente di sé stesso", in rete con gli altri, sul modello di esperienze come la fase di gara dal Solar Decathlon;
- consultazione via web (via browser senza plug-in/software specifici);
- visualizzazione navigabile e tridimensionale dell'edificio: questo livello di dettaglio permetterà di isolare le informa-

into account the entire construction or redevelopment cycle of the building;

- examination and sharing of the methodology developed by the main players in the real estate chain;
- drawing up the list of requirements to be satisfied with the creation of the software.

The originality is given by the evolution of a BIM model of project and construction site with its execution also in the subsequent management and life of the building, completing an example of an integral BIM chain with a guarantee of associativity and fluid permanence of the data along the process.

The experimentation and validation of the new model was carried out by applying to a real case of restructuring of a complex building of hospital building and involved the creation of an in-

novative digital Web Based platform that integrates BIM technology with an FM platform³.

The results of the BIM + FM integration: the Open Control Room

The results of the BIM + FM integration are represented by the "Open Control Room", a space where the access to the model to the amount of Big Data associated with it, is mediated by new professionals who are able to activate the relationships between the data and provide continuous feedback to internal and external operators (Agents).

The "Open Control Room" and the platform connected to it represent an evolution of what in today's evolved construction sites is the "BIM Room", a "model reference" in which dedicated operators make reference to the whole galaxy of operators, in presence and at a distance.

zioni relative a consumi, costi, storici delle manutenzioni, manutenzioni programmate, potenzialità di efficientamento, ecc. dell'edificio, con annesse visualizzazioni di 3D *Data Visualization*;

- monitoraggio degli accessi e dei comportamenti delle persone attraverso delle funzionalità di geolocalizzazione;
- sistema di interrogazione semantica;
- restituzione dati per tipologia di utente: la piattaforma restituirà informazioni sui singoli dispositivi a diverso livello di dettaglio.

L'integrazione dei software BIM e CAFM ha comportato, da parte del modello, l'elaborazione di un'unica architettura software in grado di restituire i dati combinati e navigabili sull'edificio, con un diverso livello di dettaglio e interazione.

Si è quindi operata una analisi sui due lati (BIM e FM) per eseguire un "match" tra classificazione oggetti di progetto esecutivo e classificazione di "elementi manutentivi", facendo riferimento alla lunga storia di standardizzazione e studio del settore, facendo riferimento in particolare al suo modello COBie (*Constructions Operations Building Information Exchange*).

L'interoperabilità si può ottenere utilizzando uno schema aperto e gestito pubblicamente (dizionario) caratterizzato da un linguaggio standard. Un esempio comune di schema è quello concepito dal BSI (*Building SMART International*) e dal COBie (*Constructions Operations Building Information Exchange*) al fine di consentire la rappresentazione e lo scambio pubblico e aperto di dati, nel settore dell'ambiente costruito. COBie è un approccio standardizzato a schema aperto teso ad agevolare l'interoperabilità di informazioni essenziali nel processo BIM (Fig. 2).

The platform used by the Agents will record, in a rapid, structured and interactive manner the technical / energetic, cadastral, accounting, tax, maintenance and guarantee data, with the following specificities:

- Cloud integration of a "networked" 3D shared environment and the concept of "Internet of Houses" (IoC), which aims to make each building "a sender of itself", in a network with others, on the model of experiences like the tender phase from the Solar Decathlon;
- web consultation (via browser without specific plug-ins / software);
- navigable and three-dimensional visualization of the building: this level of detail will allow us to isolate information relating to consumption, costs, maintenance histories, scheduled maintenance, efficiency potential, etc. of the building, with

attached 3D Data Visualization displays;

- monitoring of people's access and behavior through geolocation features;
- semantic query system;
- data return by user type: the platform will return information on individual devices at different levels of detail.

The integration of the BIM and CAFM software has involved, from the model, the elaboration of a single software architecture able to return the combined and navigable data on the building, with a different level of detail and interaction.

An analysis was then carried out on the two sides (BIM and FM) to perform a "match" between the classification of objects of executive project and the classification of "maintenance elements", referring to the long history of

L'approccio è incentrato sull'inserimento dei dati nel momento in cui sono creati nelle fasi di progettazione, costruzione e messa in servizio della struttura. I dati acquisiti sono registrati in formato neutrale e possono essere scambiati tra i diversi attori in formato IFC (*Industry Foundation Classes*).

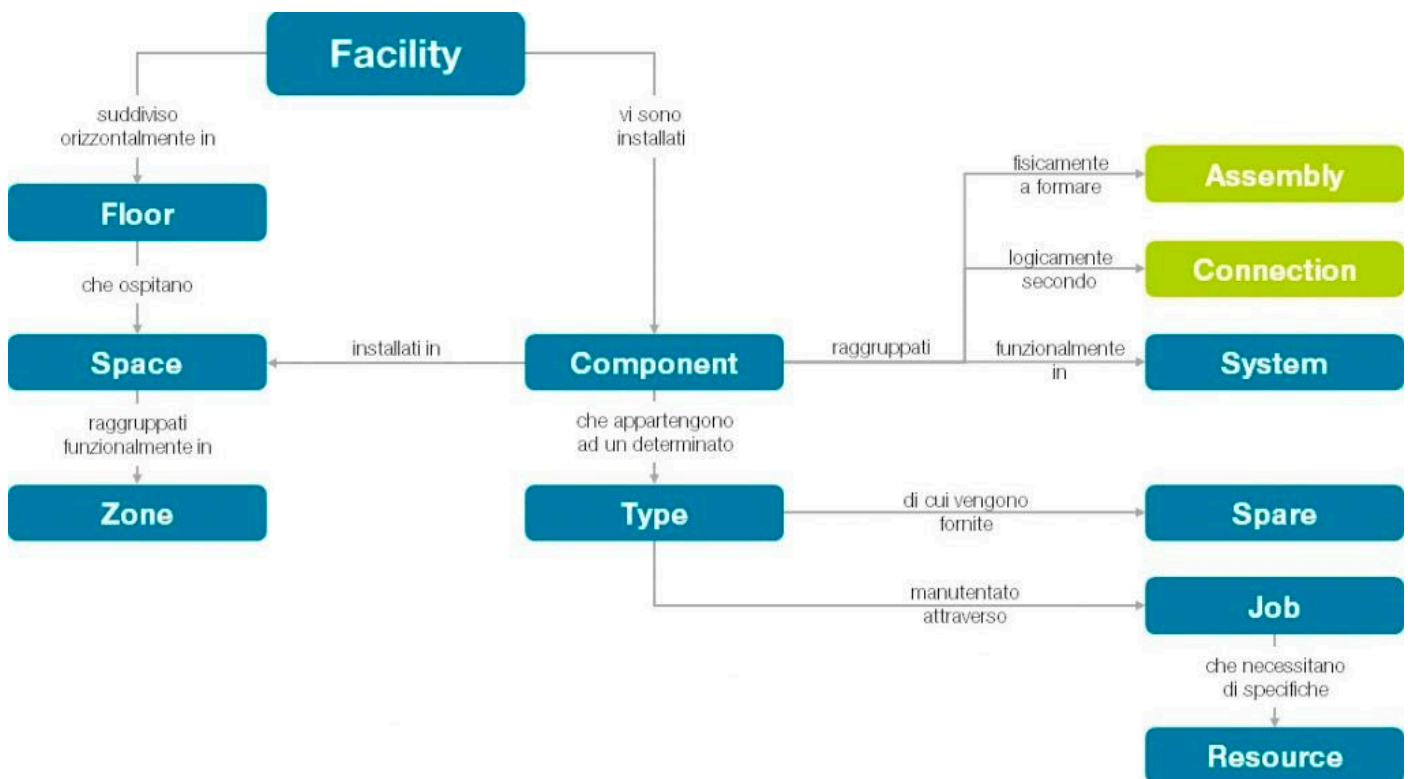
La struttura di base di Digital 3D risolve il limite dello standard COBie insito nell'ottica di lavoro in ambiente a oggetti (*Object Oriented Modeling*). In tale ottica la definizione delle unità minime e massime di componenti può non coincidere con la strutturazione del modello in fase manutentiva che, nel caso di strutture complesse, può necessitare di gruppi di oggetti.

Di seguito vengono elencate le principali informazioni visualizzabili tramite l'interfaccia della "Open Control Room":

- mappatura degli eventi manutentivi nel tempo, programmati o una tantum ex-post;
- possibilità di allegare documenti;

- lettura delle proprietà dirette dell'oggetto;
- specchiatura del set di dati principali su parametri locali, per permettere la generazione di filtri di visualizzazione;
- costruzione e scrittura di valori in parametri condivisi tra le due piattaforme BIM-FM;
- costruzione di "percorsi manutentivi";
- mappatura di sopralluoghi come memorizzazione di sequenze di stanze nel tempo, direttamente in *timeline*.

Oggetto chiave dell'interfaccia sviluppata è una *timeline*, di forma ed estensione personalizzabili, che permette di "mappare" nel tempo e spazialmente una serie di eventi che possono essere esterni o interni al sistema e che ne restituiscono sinteticamente la vita, pianificata o dinamicamente mappata. Muoversi nella *timeline* significa muoversi nell'edificio che diventa il riferimento spaziale di eventi. La grafica scelta vuole evidenziare il concetto di "edificio-database" dinamico, che permette ovviamente anche



Altre informazioni:



Legenda:



un uso delle informazioni “listato” di varia natura, per utenti più direttamente orientati a data visualizzazione di varia natura, testuale.

Alle funzioni di integrazione tra data base, il sistema aggiunge dunque quelle di interazione diretta online, oggi in gran parte preclusa da interfacce di *viewing*, a cui il progetto Digital 3D Control Room aggiunge la possibilità di generazione dinamica di elementi manutentivi, che appunto rompe per meglio dire diluisce nel tempo il momento di mappatura del rapporto BIM / FM, permettendo multiple assegnazioni e creazione di elementi manutentivi a partire dal modello (Figg. 3, 4). A tale funzionalità base, che mette al centro del sistema la figura dell'Agent, sono poi aggiunte funzioni di gestione e simulazione di sopralluoghi, rese visualizzabili in *timeline* sia come eventi singoli che in sequenza. In questo senso un lavoro di mappatura delle stanze nei piani (in ossequio allo standard COBie) permette di usarle come chiave per il posizionamento fisico di camere in visione 3D che inquadrino l'oggetto manutentivo identificato. Al click sulla parte interessata, il modello si “muove” per andarci mostrando, in aggiunta ai dati locali, le foto di dettaglio, memorizzate per tempo, della stanza/ambiente di riferimento. Il sistema, in questo senso, cerca di prendere atto dei due aspetti dell'attività manutentiva: la visione sintetica e sinergica dei dati, e il sopralluogo fisico, in sequenza, di “mappatura visiva” (Fig. 5). In questo senso, al giro manutentivo per stanze è associata la referenziazione foto nel tempo, che permette la lettura oltre che per chiave temporale (il giro effettuato) anche per chiave spaziale (tutte le foto di questa stanza nel tempo, ecc.). Tale ottica, è ovviamente estendibile anche a “visite” all'edificio di altro tipo, con interessanti ricadute di Gamification dell'esperienza utente.

standardization and study of the sector, referring in particular to the on the COBie model (Constructions Operations Building Information Exchange.) Interoperability can be achieved by using an open and publicly managed scheme (dictionary) characterized by a standard language. A common example of a scheme is that conceived by the BSI (Building SMART International) and by the COBie (Constructions Operations Building Information Exchange) in order to allow the representation and the public and open exchange of data, in the sector of the built environment. COBie is a standardized, open-schema approach aimed at facilitating the interoperability of essential information in the BIM process (Fig. 2).

The approach focuses on entering data when they are created during the design, construction and commissioning

phases of the structure. The acquired data is recorded in neutral format and can be exchanged between the various players in IFC format (Industry Foundation Classes).

The basic structure of Digital 3D solves the limitation of the COBie standard inherent in the object-oriented environment (Object Oriented Modeling). From this point of view, the definition of the minimum and maximum units of components may not coincide with the structuring of the model in the maintenance phase which, in the case of complex structures, may require groups of objects.

The main information that can be viewed through the “Open Control Room” interface is listed below:

- mapping of maintenance events over time, scheduled or one-time ex-post;
- possibility to attach documents;

I benefici connessi all'utilizzo di tecnologie digitali a supporto dell'Abitare intelligente (*Building Information Modelling, Cloud Computing e Facility Management tools*) permettono di ampliare la specificità, la quantità, il coordinamento e l'accessibilità dei dati, favorendo ragionamenti che possono essere utili al miglioramento e alla valorizzazione della sicurezza, funzionalità, sostenibilità economica e del comfort degli edifici, ottimizzando il lavoro di tutti gli attori della filiera.

Il modello organizzativo sviluppato incrementa, inoltre, i seguenti aspetti:

- possibilità di progettare edifici efficienti e a basso impatto ambientale/economico;
- possibilità di avere una gestione dinamica e consapevole dell'edificio esistente;
- sensibile riduzione dei consumi nella gestione degli edifici esistenti e non;
- efficienza nella gestione delle risorse energetiche ed economiche con interventi manutentivi mirati.

Conclusioni e sviluppi futuri

Un ulteriore integrazione con applicativi di tipo mobile può orientare il processo edilizio verso gestioni di tipo *Cloud Based* dove le informazioni di un progetto sono rese disponibili in qualunque momento e da indirizzandosi verso applicativi specifici per la *Field Management*. Con questo modo è possibile migliorare l'efficienza del processo attraverso idonei strumenti informatici che consentano di generare un flusso circolare che sostiene il controllo e la gestione (delle lavorazioni prima, delle attività e degli spazi poi) alimentando il database e riducendo ripetizioni, ridondanze e trascrivi-

- reading of the direct properties of the object;
- mirroring of the main data set on local parameters, to allow the generation of display filters;
- construction and writing of values in parameters shared between the two BIM-FM platforms;
- construction of “maintenance routes”;
- mapping of inspections as memorization of sequences of rooms over time, directly in the timeline.

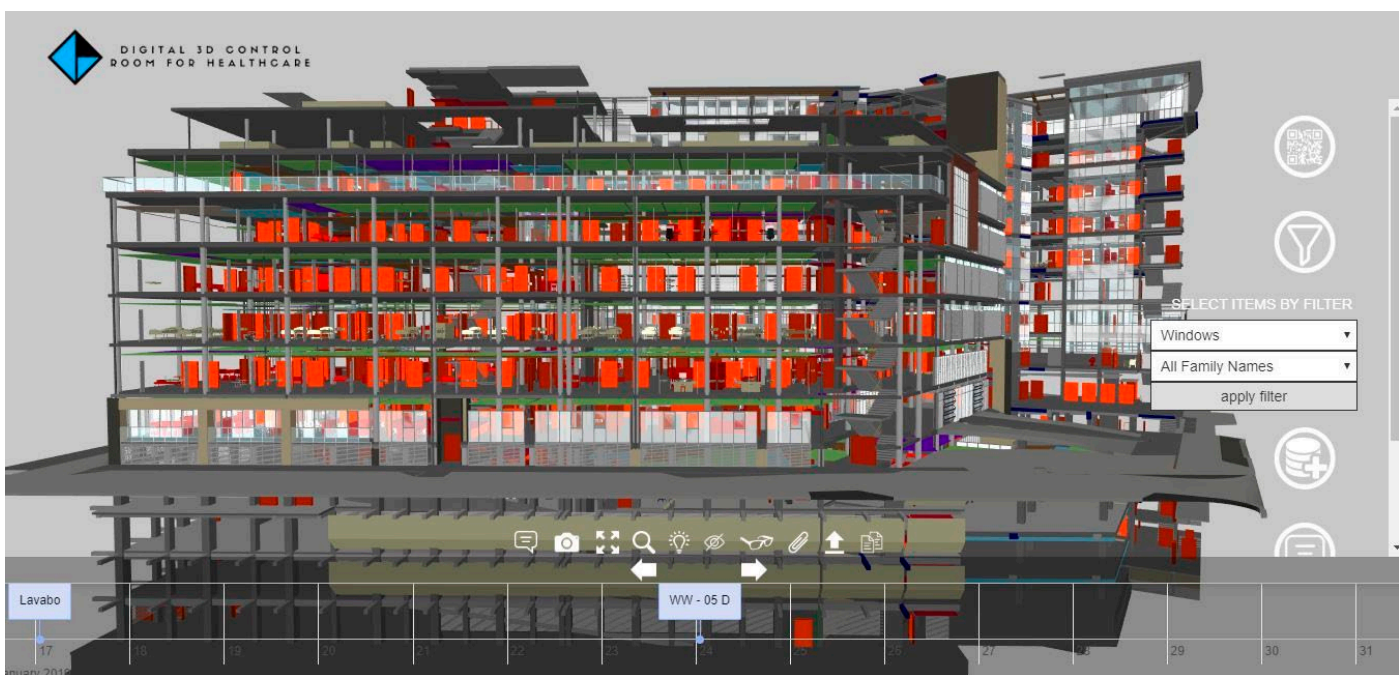
The key object of the developed interface is a “timeline”, with customizable form and extension, which allows to “map” over time and spatially a series of events that can be external or internal to the system and that synthetically return the planned life or dynamically mapped. Moving in the timeline means moving in the building that becomes the spatial reference of events.

The chosen graphic wants to highlight the concept of dynamic “building-database”, which obviously also allows the use of the “listed” information of various nature, for users more directly oriented to date display of various nature, textual.

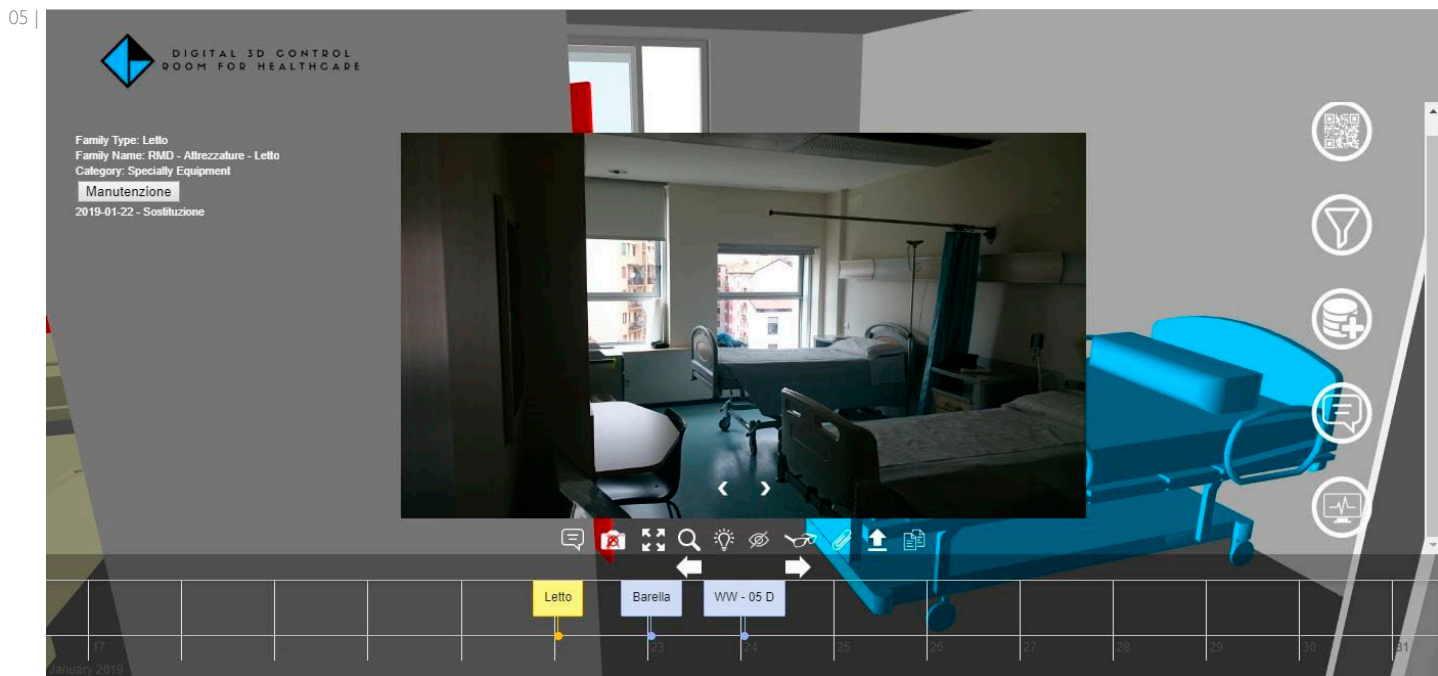
To the functions of integration between databases, the system therefore adds those of direct online interaction, today largely excluded from viewing interfaces, to which the Digital 3D Control Room project adds the possibility of dynamic generation of maintenance elements, which precisely breaks for better to say, it dilutes over time the mapping moment of the BIM / FM ratio, allowing multiple assignments and creation of maintenance elements starting from the model (Figg. 3, 4). To this basic functionality, which puts the figure of the Agent at the center of the system, functions of



|03



|04



zioni manuali da parte delle professionalità coinvolte.

Il sistema software “aperto” è basato sulla integrazione dei dati di monitoraggio e offre la possibilità di restituire in tempo reale soluzioni per il miglioramento dell’edificio sotto diversi aspetti. Il progetto prevede diversi step di implementazione ed è continuamente espandibile, con una *timeline* che va dalle manutenzioni ordinarie e straordinarie degli impianti fino al monitorag-

management and simulation of on-site inspections are added, made visible in the timeline both as single events and in sequence. In this sense, a work of mapping the rooms in the floors (in accordance with the COBie standard) allows them to be used as a key for the physical positioning of rooms in 3D vision that frame the identified maintenance object. At the click on the interested part, the model “moves” to go there showing, in addition to the local data, the detailed photos, memorized by time, of the reference room / environment. The system, in this sense, tries to take note of the two aspects of the maintenance activity: the synthetic and synergic vision of the data, and the physical inspection, in sequence, of “visual mapping” (Fig. 5). In this sense, the referencing of photos over time is associated with the maintenance tour for rooms, which allows

reading as well as by time key (the tour performed) also by spatial key (all the photos of this room over time, etc.). This perspective is obviously also extendable to “visits” to the other building, with interesting repercussions of Gamification of the user experience. The benefits connected to the use of digital technologies to support intelligent Living (Building Information Modeling, Cloud Computing and Facility Management tools) allow to increase the specificity, quantity, coordination and accessibility of data, favoring reasoning that can be useful for the improvement and enhancement of safety, functionality, economic sustainability and comfort of buildings, optimizing the work of all the players in the supply chain. The developed organizational model also increases the following aspects:

- possibility to design efficient build-

gio dell’efficienza e del comfort (attuato con sensori fisici) e al monitoraggio con tecniche visuali e di *video computing*.

NOTE

¹ Sono esempi di impianti speciali a corrente debole i sistemi di sicurezza antintrusione e controllo degli accessi, i sistemi antincendio, le reti LAN, i sistemi di cablaggio strutturato, ecc.

- ings with low environmental / economic impact;
- possibility of having a dynamic and conscious management of the existing building;
- significant reduction in consumption in the management of existing and non-existing buildings;
- efficiency in the management of energy and economic resources with targeted maintenance interventions.

Conclusions and future developments

A further integration with mobile applications can orient the building process towards Cloud-Based management where the information of a project is made available at any time and addressing specific applications for Field Management. With this way it is possible to improve the efficiency of the process through

suitable IT tools that allow to generate a circular flow that supports the control and management (of the workings before, of the activities and spaces then) feeding the database and reducing repetitions, redundancies manual transcriptions by the professionals involved. The “open” software system is based on the integration of monitoring data and offers the possibility of returning building improvement solutions in real time in various ways. The project involves several implementation steps and is continuously expandable, with a timeline ranging from ordinary and extraordinary maintenance of the systems to monitoring efficiency and comfort (implemented with physical sensors) and monitoring with visual techniques and video computing.

² Sono partner del Progetto: Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Rimond S.r.l., Tecnosys Italia S.r.l. Gruppo di lavoro del Politecnico di Milano: Andrea Ciaramella, Ingrid Paoletti, Liala Baiardi, Giulio Barazzetta, Stefano Bellintani, Domenico Chizzoniti, Marzia Morena, Valentina Puglisi.

³ L'efficienza dei servizi sanitari, strettamente collegata alla disponibilità delle risorse, è in gran parte condizionata dal funzionamento delle attività di supporto e dalle condizioni dell'ambiente in cui si opera. L'esigenza di mantenere alto il livello competitivo mediante la concentrazione delle energie sull'attività "primaria", ha indotto molte aziende sanitarie a ridimensionare gli ambiti di controllo diretto affidando a soggetti terzi specializzati l'esecuzione dei servizi a supporto dell'attività principale.

⁴ Ulteriori informazioni reperibili su <http://www.gruppocontec.it/ricerca-per-la-progettazione-bis-lab/>.

NOTES

¹ Examples of low-current special systems include anti-intrusion and access control security systems, fire protection systems, LAN networks, structured cabling systems, etc.

² Are partner in the Project: Politecnico di Milano, Department ABC, Rimond S.r.l., Tecnosys Italia S.r.l. Politecnico di Milano work group: Andrea Ciaramella, Ingrid Paoletti, Liala Baiardi, Giulio Barazzetta, Stefano Bellintani, Domenico Chizzoniti, Marzia Morena, Valentina Puglisi.

³ The efficiency of health services, closely linked to the availability of resources, is largely conditioned by the functioning of support activities and the conditions of the environment in which one operates. The need to keep the competitive level high through the concentration of energies on the "primary" activity, has led many health-

care companies to downsize the areas of direct control by entrusting specialized third parties with the execution of services in support of the main activity.

⁴ Further information available on <http://www.gruppocontec.it/ricerca-per-la-progettazione-bis-lab/>.

REFERENCES

Tronconi, O. and Ciaramella, A. (2014), *Facility Management*, Franco Angeli, Sant'Arcangelo di Romagna (RN).

Motawa, I. and Almarshad, A. (2013), "A knowledge-based BIM system for building maintenance", *Automation in Construction*, Vol. 29, pp. 173-182.

Nummelin, J., Sulankivi, K., Kiviniemi, M. and Koppinen, T. (2011), "Managing Building Information and client requirements in construction supply chain - Contractor's view", *Proceeding, CIB W078-W102 Joint Conference, International Council for Building/International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)*, Delft, Netherlands.

McArthur, J.J. and Bortoluzzi, B. (2018), "Lean-Agile FM-BIM: a demonstrated approach", *Facilities*, Vol. 36, Issue 13/14, pp. 676-695.

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N. and Calis, G. (2012), "Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 138, Issue 3, pp. 431-442.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011), *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Wiley, Hoboken, (NJ).

Teicholz, P. (2013), *BIM for facility managers*, Wiley, Hoboken (NJ).

Utica, G. (2010), *Tecniche avanzate di gestione dei progetti*, McGraw-Hill, Città di Castello.

Richards, M. (2010), *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra.

NBS (2012), "National BIM report 2012", NBS, Newcastle, available at: www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf (accessed 21 february 2019).

Antonello Monsù Scolaro^a, Lia Marchi^b,

^a Dipartimento di Architettura, Design ed Urbanistica, Università di Sassari, Italia

^b Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Italia

amscolaro@uniss.it

lia.marchi3@unibo.it

Abstract. La riqualificazione è largamente riconosciuta come strategia per ridurre gli impatti ambientali del patrimonio costruito, ma non è ambientalmente neutra. Per mantenere in opera la maggior quantità di materiali, in funzione delle prestazioni tecnologiche residue, quindi contenere il consumo di nuove risorse e la produzione di rifiuti da demolizione, è necessaria un'approfondita conoscenza del manufatto. In ampliamento agli strumenti esistenti, è presentata una metodica di analisi degli impatti ambientali e supporto progettuale alla scala del dettaglio esecutivo. Utilizzando gli indicatori di energia incorporata e di CO₂ equ, le alternative di intervento sono valutate in ottica *life cycle* allo scopo di riutilizzare quanta più materia possibile e preferire materiali a basso impatto ambientale.

Parole chiave: Patrimonio Costruito; Riutilizzo; Riqualificazione; Bilancio ambientale; Impatti incorporate.

Opportunità ambientali nel progetto di riqualificazione

Il settore delle costruzioni è responsabile di una quota consistente di impatti ambientali ma, in accordo con le politiche eu-

ropee atte a contrastarne le crescenti criticità (COM 445; COM 398; COM 614), le tecnologie oggi disponibili permettono di mantenere in opera e riqualificare il costruito anche in un'ottica di economia circolare (Pomponi e Moncaster, 2017).

Il progetto di riqualificazione, presupponendo il riutilizzo di materiali e componenti (Addis, 2006), contribuisce sia al prolungamento del ciclo di vita della materia valorizzando l'energia incorporata, che alla riduzione dell'uso di risorse primarie e della produzione di rifiuti da costruzione e demolizione¹ rendendo il patrimonio costruito un ingente giacimento di risorse materiali (Cossu, 2013).

Tuttavia, la riqualificazione dell'esistente, non sempre produce bilanci ambientali positivi (Munarim e Ghisi, 2016; Berg e Fuglseth, 2018); la potenziale perdita delle quote di materia ed ener-

gia incorporate negli elementi costruttivi dismessi e il mancato controllo della qualità ambientale di nuovi materiali e componenti introdotti, rischia di produrre impatti maggiori di quelli che si otterrebbero dalla demolizione e nuova costruzione. Così, mantenere in opera quanti più materiali possibili, limitare le integrazioni e le sostituzioni, avviare a riciclo la materia dismessa, scegliere i materiali in funzione del profilo ambientale, sono criteri operativi ormai riconosciuti per ridurre gli impatti associati (Advisory Council, 1979; Preservation Green Lab, 2011; CEN 2017). A tale scopo, ottimizzare le prestazioni residue degli elementi tecnici preesistenti risulta una strategia utile fin dalle prime fasi del processo progettuale, da affinare progressivamente fino alla scala esecutiva per orientare il progetto verso scelte a basso impatto ambientale.

Aspetti ambientali tra demolizione, riqualificazione e nuova costruzione

Nei Paesi UE circa la metà del patrimonio esistente è anteriore al 1970, precedente cioè all'introduzione dei regolamenti sull'efficienza energetica e la sicurezza sismica (European Commission, 2014). In Italia, oltre il 60% del parco edilizio residenziale ha più di 45 anni (ENEA, 2016).

Dunque, si tratta di edifici la cui obsolescenza tecnica e funzionale è oggi accelerata da richieste crescenti di efficienza energetica, comfort indoor e sicurezza strutturale; inoltre gli impatti ambientali associati all'*operational energy* – che in termini di *Global Warming Potential*, *Abiotic Depletion Potential* e *Toxicity Potential* misurano rispettivamente l'80%, il 95% e l'85% rispetto

The environmental balance as decision support to the refurbishment detailed design

Abstract. The refurbishment design is a well-known strategy to mitigate environmental impacts of the built heritage, but it is not environmentally neutral. A deep knowledge of the building is required in order to maintain the greatest amount of materials – depending on its residual technological performances – and thus containing the consumption of new resources and the production of demolition wastes. Following up existing tools, a method to analyse environmental impacts and support the design at the executive level is presented. Possible intervention alternatives are evaluated from a life cycle perspective, through the embodied energy and CO₂ equ indicators, aiming at re-using as much material as possible and preferring new materials with low environmental impact.

Keywords: Existing buildings; Reuse; Refurbishment; Environmental assessment; Embodied impacts.

Environmental opportunities in refurbishment

The building sector is responsible for a great amount of environmental impacts but, in line with European policies that cope with its growing criticalities (COM 445; COM 398; COM 614), the nowadays available technologies allow to preserve and regenerate the built heritage, even from a circular economy perspective (Pomponi and Moncaster, 2017).

Assuming the re-use of materials and building components (Addis, 2006), the refurbishment design extends the life cycle of materials by taking advantage of their embodied energy and moreover reduces the use of primary resources and the production of construction and demolition wastes¹. This makes the built heritage a huge reservoir of resources (Cossu, 2013).

However, refurbishment interventions

do not always produce positive environmental balances (Munarim and Ghisi, 2016; Berg and Fuglseth, 2018). In fact, the potential loss of matter and embodied energy in the dismantled elements and the lack of control of the environmental quality of added materials and components risk to produce greater impact than demolition and new construction.

Thus, to maintain as much material as possible, to limit integrations and replacements, to recycle the dismantled building components, to choose materials according to their environmental profile, are now recognized operational criteria to reduce the associated impacts (Advisory Council, 1979; Preservation Green Lab, 2011; CEN 2017). To this purpose, optimizing the residual performance of the existing building materials could be a good strategy to be adopted from early

alla *primary energy* (Ecorys, 2014) – ne motiverebbero la demolizione e sostituzione con edifici meno energivori e inquinanti. Tuttavia secondo Mickaityte *et al.* (2008), un intervento di riqualificazione condotto secondo principi di sostenibilità ambientale garantisce il 23% di risparmio di energia in fase di cantiere rispetto alla nuova costruzione; mentre secondo Moe *et al.* (2007), pur riciclando il 40% dei materiali demoliti da un edificio storico, occorrerebbero almeno 65 anni a un edificio energeticamente efficiente di nuova costruzione per recuperare le energie e le risorse perdute con la demolizione. Inoltre, in alcuni casi è possibile valorizzare economicamente la materia prima-seconda originata dalle attività di demolizione (Paleari e Campioli, 2015), portando la quota parte riciclata a bilancio ambientale positivo rispetto all'intero ciclo di vita dell'edificio (Blengini, 2009). Itard e Klunder (2007) comparano gli impatti associati a differenti gradi di riqualificazione in due casi di rigenerazione urbana in Olanda, considerando come *starting point* il ciclo di vita utile dell'edificio riqualificato. Utilizzando come indicatori le quantità di materiali, energia e acqua impiegati, di rifiuti prodotti, dimostrano che adottando soluzioni costruttive a minor energia incorporata, il tempo di recupero degli impatti prodotti si riduce. Rasmussen e Birgisdóttir (2016), applicano una procedura LCA semplificata basata sulla EN 15978 per verificare i tempi di ritorno degli impatti ambientali nella riqualificazione di un edificio di abitazione in Danimarca, su un arco temporale di 50 anni di vita utile post intervento. Considerando soltanto l'energia impegnata nella fase *from cradle to gate* dei materiali impiegati e per la dismissione dei rifiuti da demolizione e il consumo annuale di energia operativa dopo la riqualificazione, tutti gli impatti associati all'intervento di riqualificazione dopo

design stages; to be then progressively refined up to the working drawing, to steer the design towards low environmental impact choices.

Environmental issues among demolition, refurbishment and new construction

In EU countries about half of the building stock is prior 1970, that is before the introduction of regulations on energy efficiency and seismic safety (European Commission, 2014). In Italy, more than 60% of the residential stock is over 45 years old (ENEA, 2016). Now the technical and functional obsolescence of these buildings is accelerated by increasingly stricter requirements on energy efficiency, indoor comfort and seismic safety. In addition, the environmental impact associated to the operational energy – which in terms of *Global Warming Po-*

tential, Abiotic Depletion Potential and Toxicity Potential respectively count for the 80%, 95% and 85% in comparison with primary energy (Ecorys, 2014) – would support the replacement of old buildings with new constructions less energy-intensive and polluting. However, according to Mickaityte *et al.* (2008), a refurbishment that meets environmental sustainability principles can save up to 23% energy during the building site phase in comparison with a new building. While Moe *et al.* (2007) note that even if the 40% of the dismantled materials from an existing building are recycled, it would take more than 65 years for a new energy-efficient building to balance the energy and material resources lost by demolishing it. Moreover, it is sometimes possible to economically enhance the secondary raw materials reclaimed from demolition (Paleari and Campi-

oli, 2015) by considering the recycled portion on the whole life cycle of the building as environmentally positive (Blengini, 2009).

Itard e Klunder (2007) compare the effects of different refurbishment intensities in two urban renewals in the Netherland. Assuming the useful life cycle of the refurbished building as starting point, they use as indicators the amount of material, energy and water consumption, and generated waste to demonstrate that the return time of the environmental impacts decreases by using constructive solutions with lower embodied energy. Rasmussen and Birgisdóttir (2016) apply a simplified LCA procedure based on EN 15978 to verify the return time of environmental impacts in a dwelling renovation in Denmark, on 50 years of useful life after the intervention. They consider only the embodied energy of

18 anni sono inferiori rispetto a quelli che avrebbe l'edificio non riqualificato; complessivamente, gli impatti totali si riducono del 25-45%. In aggiunta, la riqualificazione del costruito richiede anche valutazioni di tipo economico, perché l'estensione del ciclo di vita utile di un edificio dipende dalle condizioni di degrado iniziali e dal costo delle alternative di intervento in funzione degli obiettivi prestazionali richiesti (Filippi, 2015; Ferreira *et al.*, 2016). A partire dalle prestazioni residue dell'esistente, l'analisi LCC permette di comparare le alternative di efficientamento energetico o di valutare il periodo di ritorno dell'investimento rispetto al costo globale in funzione del ciclo di vita del fabbricato (Di Giuseppe *et al.*, 2016). Altri autori, utilizzando un metodo di analisi combinato LCC e LCA per individuare il tipo di intervento da attuare e comparando un'ipotesi di riqualificazione dell'involucro con una di demolizione e ricostruzione, dimostrano che a parità di prestazioni energetiche, la riqualificazione risulta preferibile sia per i minori costi di demolizione (De Angelis *et al.*, 2013) che, considerando soltanto gli impatti ambientali, per il risparmio di risorse materiali (Thomsen *et al.*, 2003). Emerge quindi che le metodiche di valutazione degli effetti ambientali in ottica di ciclo di vita e gli strumenti per comparare riqualificazione, demolizione e nuova costruzione sono in continua implementazione (Baker, Moncaster e Al-Tabbaa, 2017). I risultati variano in funzione dei confini del sistema prescelto e degli assunti adottati; inoltre, la difficile reperibilità di informazioni su processi costruttivi e materiali antichi (o non più in produzione) non sempre garantisce adeguati livelli di affidabilità del calcolo degli impatti pregressi (Menzies, 2011; Gaspar e Santos, 2015). Tuttavia, l'approccio LCA *based*, può contribuire ad

cradle to gate phase of added materials, the demolition waste management energy and the annual primary energy consumption after refurbishment. The study demonstrates that all the impacts associated to the intervention after 18 years are lower than those of a building-as-usual (BAU); overall, the total impact decrease by 25-45%.

Furthermore, refurbishment calls also for economic evaluations, since the life cycle extension of a building depends on both its decay conditions and the cost of the alternative solutions, which are devised to get certain performance requirements (Filippi, 2015; Ferreira, *et al.* 2016). Starting from residual performances of the existing construction, the LCC analysis is useful to compare the alternative options of energy efficiency or to evaluate the return period of the investment on the global cost, according to the building life cycle

Indicatori	Unità di misura
I1 Quantità di materiali preesistenti	ton
I2 Energia incorporata nei materiali preesistenti (EE) ed emissioni evitate (EC)	MJ/Kg > KgCO ₂ equ/kg
I3 Rifiuti prodotti dalla rimozione di materiali non idonei	ton
I4 Energia incorporata nei materiali scartati	(-) MJ/kg
I5 Efficacia materica dell'elemento tecnico (rapporto tra materia residua e materia originale)	%
I6 Dispendio energetico ed emissioni associabili ai materiali aggiunti (cradle-to-gate life cycle impacts)	MJ/Kg > KgCO ₂ equ/kg

orientare alcune scelte progettuali, oltre a confermare la rilevanza del bilancio ambientale predittivo quale parametro cruciale di valutazione.

Il recupero e riuso di quanta più materia possibile appare quindi una strategia efficace per contenere gli impatti ambientali associati all'intervento di riqualificazione. Ciò richiede di determinare le prestazioni tecnologiche "residue" del manufatto esistente (Monsù Scolaro, 2018), limitando l'aggiunta di nuove risorse, quindi di nuova energia incorporata e CO₂ che possono ulteriormente ridursi con l'impiego di materiali a basso impatto ambientale. Per quantificare in modo attendibile le prestazioni residue, è necessario operare alla scala del progetto esecutivo e indagare la configurazione degli elementi tecnici e le modalità con cui assicurare l'efficace integrazione tra i materiali e componenti preservati e aggiunti, controllando contestualmente gli effetti ambientali indotti dal soddisfacimento dei requisiti di progetto (BRE, 2016).

Il controllo degli impatti ambientali alla scala del progetto esecutivo: metodologia

Il D.Lgs. 50/2016 - Codice dei Contratti Pubblici definisce il progetto esecutivo come il livello di progettazione a cui «ogni elemento sia identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo» nonché inquadrato rispetto al ciclo di vita dell'edificio. Nel progetto di riqualificazione, in particolare, è a questo stadio che le valutazioni delle prestazioni residue degli elementi tecnici e del livello di degrado dei materiali si concretizzano in decisioni progettuali, definendo quali e quanti elementi salvaguardare, quanti dismettere e quante nuove risorse introdurre. Ciò presuppone che alla prassi ormai

(Di Giuseppe *et al.*, 2016). Combining LCC and LCA analysis in order to identify the best intervention to do and comparing a hypothesis of envelope refurbishment with one of demolition and reconstruction, other authors show that for equal energy performance the refurbishment is preferable. This is for two principal reasons: lower costs respect demolition (De Angelis *et al.*, 2013) and saving of material resources only if the environmental impacts are accounted (Thomsen *et al.*, 2003).

This review shows that both methods for assessing environmental impacts in a life cycle perspective and tools for comparing refurbishment, demolition and new construction are constantly being updated (Baker, Moncaster e Al-Tabbaa, 2017). Results widely vary depending on the system boundaries and the key assumptions; in addition,

not always adequate levels of reliability on the evaluation of prior impacts are assured, due to the difficulty in finding information on construction processes and on ancient materials - or no longer in production (Menzies, 2011; Gaspar and Santos, 2015). Nevertheless, the LCA based approach can support design choices; as well as it proves the predictive environmental balance to be a crucial evaluation parameter.

Hence, the maximum recovery and reuse of matter appears effective to contain the environmental impact caused by the refurbishment. This requires the "residual" technological performances to be defined (Monsù Scolaro, 2018), limiting both the addition of new resources and new embodied energy and CO₂ emission, that can be furtherly reduced through materials with low environmental impact. It should be necessary to act at detailed design level

diffusa del "bilancio delle prestazioni tecnologiche", si affianchi quella della redazione del "bilancio degli impatti ambientali", che invece richiede ancora affinamenti e sviluppi (BRE, 2016; Baker, Moncaster e Al-Tabbaa, 2017; Berg e Fuglseth, 2018).

La metodologia sviluppata approfondisce il bilancio degli impatti ambientali, guardando all'edificio nel suo complesso. L'edificio esistente è analizzato a partire dal rilievo geometrico fino all'analisi dei materiali costituenti, condotta alla scala del dettaglio esecutivo, per definire le prestazioni tecnologiche residue degli elementi tecnici. Quindi, attingendo ai dati dell'ICE (*Inventory of Carbon & Energy* - Release 2.0), si stimano la quantità di materia, energia incorporata e CO₂ emessa relative alla fase *from cradle to gate* dei materiali esistenti che risultano ancora idonei. Infine, si formulano le scelte progettuali di intervento e si redige un bilancio ambientale, contabilizzando sia gli impatti evitati -compresi quelli relativi al possibile riutilizzo di materia dismessa- sia gli impatti causati dai materiali aggiunti.

La procedura si articola in 4 fasi e utilizza un set di indicatori di impatto selezionati e verificati in altre ricerche, efficaci rispetto agli obiettivi ambientali fissati (Fig. 1).

- 1) Rilievo e rappresentazione grafica di:
 - geometria;
 - struttura, sistema costruttivo, elementi tecnici e materiali.
- 2) Analisi e valutazione:
 - della quantità di materia incorporata nell'edificio (I1);
 - dell'energia incorporata (*embodied energy*, EE) e dell'impronta di carbonio (*carbon footprint*, EC) (I2);
 - dello stato di degrado dei materiali;
 - delle prestazioni residue degli elementi tecnici.

in order to accurately quantify the residual performances, by verifying pre-existing building material position to ensure effective integration with new materials and components. That means, at the same time, to check the environmental effects induced by the design requirements fulfilment (BRE, 2016).

Control of environmental impacts at the level of detailed design: methodology

D.L. 50/2016 - Code of Public Contracts defines the executive design as the level to which «each element is identified in form, type, quality, size and price» and referred to the life cycle of the building. In particular, in the refurbishment design it is the stage at which the evaluations of residual performance of the technical elements and of the level of material decay turn in

design decisions: how many elements to maintain, to remove and how many new resources to add. This implies that the now conventional "technological performance balance" is accompanied by an "environmental impact balance", practice which instead still requires refinements and developments (Rasmussen and Birgisdóttir, 2016; BRE, 2016; Baker, Moncaster and Al-Tabbaa, 2017; Berg and Fuglseth, 2018). The proposed method is based on the latter, considering the whole building. The existing construction is examined from geometric survey up to the analysis of materials at the detailed drawing scale, aiming at defining the residual performances of technical elements. Then, the quantity of matter, embodied energy and CO₂ emitted from cradle to gate of the materials that are still appropriate are estimated, drawing the data from ICE (Inventory of Carbon

- 3) Verifica e valutazione:
 - della materia da demolire e della quantità di rifiuti prodotti (I3);
 - della perdita di energia incorporata relativa alla demolizione (I4);
 - della prestazione e dell'“efficacia prestazionale residua” degli elementi tecnici al netto delle demolizioni (I5);
 - dei nuovi limiti di prestazione richiesti.
- 4) Individuazione di alcune alternative tecniche di pari prestazione, individuate sulla base di una matrice requisiti tecnologici/strati funzionali in cui figurano sia i materiali preesistenti che quelli da integrare. Confronto, valutazione e scelta della soluzione tecnica che presenta il miglior profilo in base al bilancio ambientale dei valori di EE ed EC correlati alla materia conservata, recuperata e riutilizzata dalle demolizioni o aggiunta.

È importante specificare che, valutati i degni del manufatto e note le demolizioni di materia degradata, la prestazione è calcolata al netto delle demolizioni, quindi l'efficacia prestazionale residua (espressa in %) è il rapporto tra la quantità di materia ancora in grado di contribuire alla prestazione dell'elemento tecnico e quella originaria. Espressa anche in termini di EE, rappresenta l'energy embodied ancora efficace che in ottica LCA non ha completato il suo ciclo di vita utile (Rasmussen e Birgisdóttir, 2016). Nello specifico, il valore 100% indica che il materiale è in buono stato di conservazione e non sono necessarie sottrazioni di materia; lo 0% indica la totale rimozione del materiale, mentre “n.c.” riguarda aspetti non direttamente valutabili attraverso il rilievo. La metodica permette così di ottenere una schedatura analitica dell'edificio che, grazie alla presenza degli indicatori ambientali

& Energy - Release 2.0). Lastly, some design alternatives are formulated and an environmental balance for each is drafted: the evaluation takes into consideration both the avoided impact – including those related to the possible re-use of dismantled building material – and the ones caused by the addition of new materials.

The procedure is broken down into 4 steps and involves a set of impact indicators selected and validated from other studies, which are effective to the environmental goals defined (Fig. 1).

- 1) Survey and graphic representation of:
 - geometry;
 - structure; construction system; technical elements and materials.
- 2) Analysis and evaluation of:
 - the quantity of matter within the building (I1);
 - the embodied energy (EE) and

carbon footprint (EC) (I2);

- the condition of conservation or decay of materials;
- the residual technological performances of technical elements.

3) Assessment of:

- the matter to demolish and the amount of demolition wastes produced (I3);
- the embodied energy lost due to demolition (I4);
- the performance and the “residual matter efficiency” of each technical element except the demolished portions (I5);
- new performance thresholds.

4) Identification of technical alternatives of equal performance, based on a technological requirements/functional layers matrix which includes both existing and new materials. Hence comparison and selection of the best solution in terms

associati sia ad ogni singolo elemento tecnico che al manufatto nel suo insieme, integra l'approccio tecnologico-prestazionale di indagine sul patrimonio costruito. Inoltre, in fase progettuale la schedatura supporta le alternative di riqualificazione degli elementi tecnici associandovi un profilo ambientale corrispondente e, a parità di prestazione tecnologica, orienta verso interventi che valorizzano la materia preesistente riducendo gli input di nuova materia, energia incorporata e CO₂ emessa.

Il caso studio

La sperimentazione ha riguardato un edificio di interesse storico nel territorio di Surigheddu-Mamuntanas ad Alghero (SS), facente parte di un'ampia tenuta agricola (Fig. 2) che a partire dalla fine del XIX secolo ha conosciuto periodi di grande espansione fino all'attuale abbandono. A tutt'oggi, salvo il restauro della palazzina principale, sede di un centro di ricerca universitaria, nessun'altra iniziativa di valorizzazione è stata avviata.

FASE 1 e 2. Il rilievo ha restituito un manufatto di dimensioni eccezionali, quasi 100 metri per 10, con struttura portante perimetrale in muratura di mattoni, blocchi di trachite e pietrame; una doppia serie di pilastri in mattoni regge internamente le volte a vela a sesto ribassato del piano primo. Il solaio controterra è realizzato su vespaio, mentre la copertura è retta da ampie capriate e orditura superiore in legno. L'ordinata distribuzione dei carichi e delle sollecitazioni hanno garantito nel tempo la stabilità della costruzione, tuttavia l'incuria ha causato estesi degni delle superfici esterne (Fig. 3). Il rilievo puntuale e disegni di dettaglio degli elementi tecnici ha permesso di verificare l'incidenza percentuale in peso dei materiali presenti (I1) per poi calcolare l'EE e l'EC di ognuno². Attraverso una matrice requisiti tecnologici/

of environmental balance: that is, values of EE and EC of the material preserved, recovered and reused by demolition or added.

It is important to specify that once assessed the building decay and the relative matter to remove, the performance is computed net of demolitions. Consequently, the index of residual matter efficiency (%) of the technical element is the ratio between the amount of matter still effective and the original one. Also formulated in terms of EE, it represents the still effective embodied energy: that means, from an LCA perspective, it has not completed its useful life cycle yet (Rasmussen e Birgisdóttir, 2016). In particular, 100% means the material is in good state of preservation and no material subtraction is required; 0% suggests the material is entirely to remove; while “n.c.” refers to aspects not directly measur-

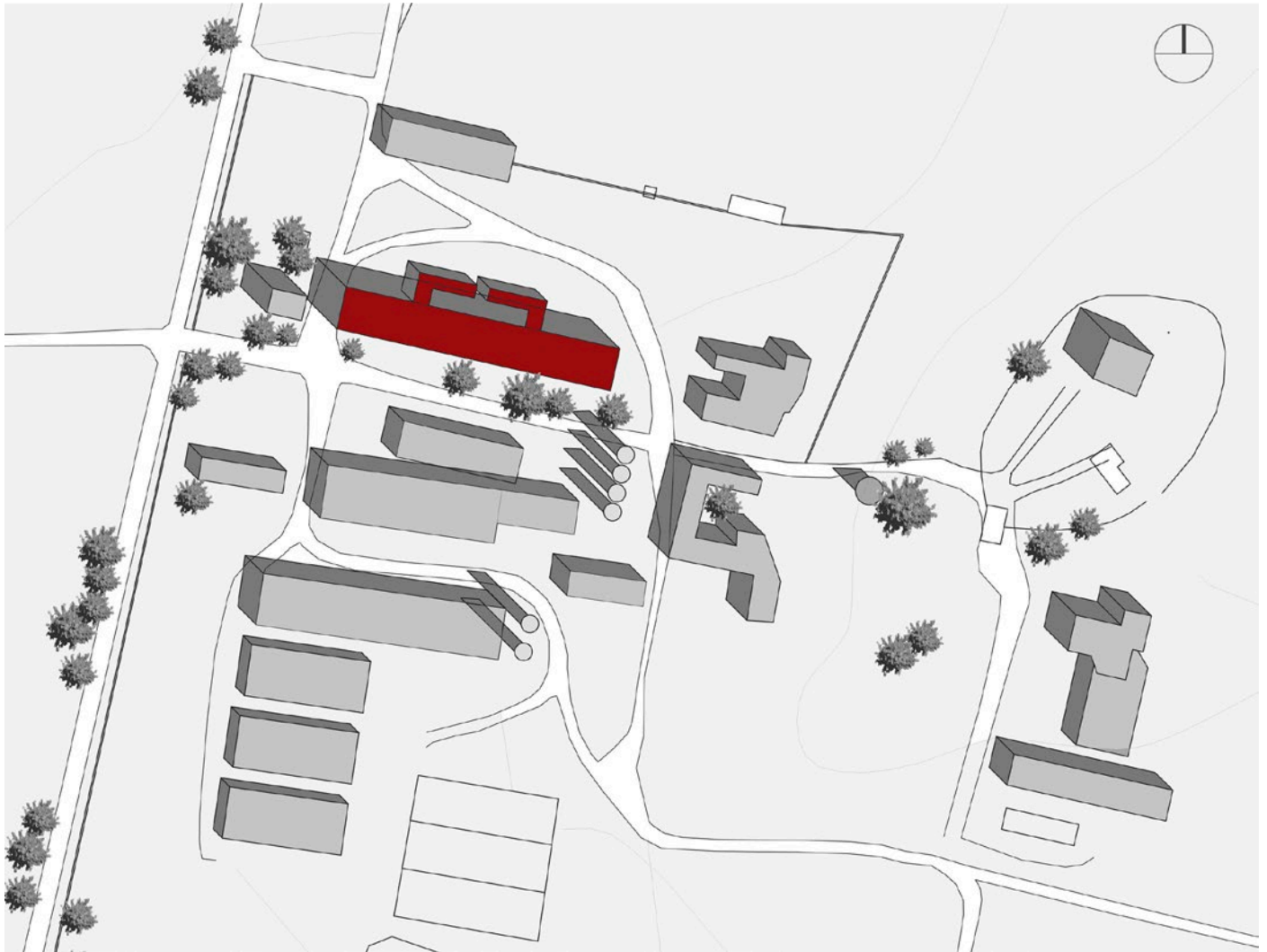
able through the survey.

Hence the method provides an “identikit” of the building that combine the technological-performance approach of investigation on the built heritage with environmental indicators associated both to technical elements and the building as a whole. Furthermore, in the design phase this “data-sheet” equips the alternatives of refurbishment of the technical elements with their corresponding environmental profile. Given equal technological performance, this should orient the design towards enhancement of pre-existing materials, thus reducing new input of material, embodied energy and CO₂ emissions.

The case-study

The method has been tested on a historical building in the Surigheddu-Mamuntanas area, Alghero (Italy).

02 |



The construction is part of a large rural estate (Fig. 2), which since the XIX century experienced great expansion times until the current abandon. Up to date only the main building has been restored and hosts a university research centre; no other interventions has been undertaken.

STEPS 1 and 2. A building of exceptional size emerged from the survey: about 100x10 meters. The bearing wall is in masonry of bricks, trachyte blocks and stones; inside, a double series of brick pillars support the lowered arched ceiling of first floor. The ground floor slab is on crawl space; while the roof is supported by wide trusses and upper wooden framework. Although

the homogeneous distribution of loads and stresses has preserved the static stability over time, the negligence has caused extensive decays of the external surfaces (Fig. 3).

The accurate survey and the detailed drawings of the technical elements allow to determine the weight of pre-existing materials (I1) and then to calculate their EE and EC (I2). Following, a technological requirements/functional layers matrix was connected with the detailed drawing of each technical element: the performance deficits emerged and therefore the functional layers to be integrated in order to meet the requirements (Fig. 4). This allows both to locate the criticalities of the

technical element and to select alternative technical solutions for the refurbishment.

The major rates of embodied energy and CO₂ concern the mass of bricks and stones used in masonry, floor, crawl space and fills. However, being aware of the approximation of EE and CO₂ data referred to ancient materials, the outcomes represent basically the emission (kg CO₂ equ) potentially avoided for the construction of an equal building (Fig. 5).

STEP 3. Having identified the decays of technical elements and the quantity of matter to be demolished, the residual performance efficiency of each material on the belonging technical ele-

ment has been calculated: walls (SEV), ground floor (COI), roof (CS). The result directly depends on the decay of the examined material, but may vary also depending on the alternatives of intervention. In this case two possible solutions have been formulated at the detailed design scale: Fig. 6 compares the quantities of energy associated with the maintenance, loss, addition of recovery of matter for each.

STEP 4. The envelope (SEV) has been examined in depth, referring to current thermal transmittance limits². Two alternative solutions for thermal insulation from the inside were compared: cork ($\lambda=0,044$; 12 cm) and rock wool ($\lambda=0,033$; 10 cm), that respec-

strati funzionali, interfacciata con il dettaglio esecutivo dell'elemento tecnico, sono stati evidenziati i deficit prestazionali e quindi gli strati funzionali, ovvero i materiali, da integrare per soddisfare i requisiti richiesti (Fig. 4). Ciò permette sia di localizzare i punti deboli dell'elemento tecnico sia di selezionare le soluzioni tecniche alternative di intervento. Gli impatti maggiori di energia incorporata e CO₂ riguardano la massa di mattoni e pietrame impiegati nelle murature, solai, vespai e riempimenti. Tuttavia, consapevoli delle approssimazioni relative ai dati di EE e CO₂ emessa riferiti alla produzione di materiali antichi, i valori emersi esprimono in particolare le emissioni (in kg di CO₂ equ) potenzialmente evitate per costruire un edificio pari all'esistente (Fig. 5).

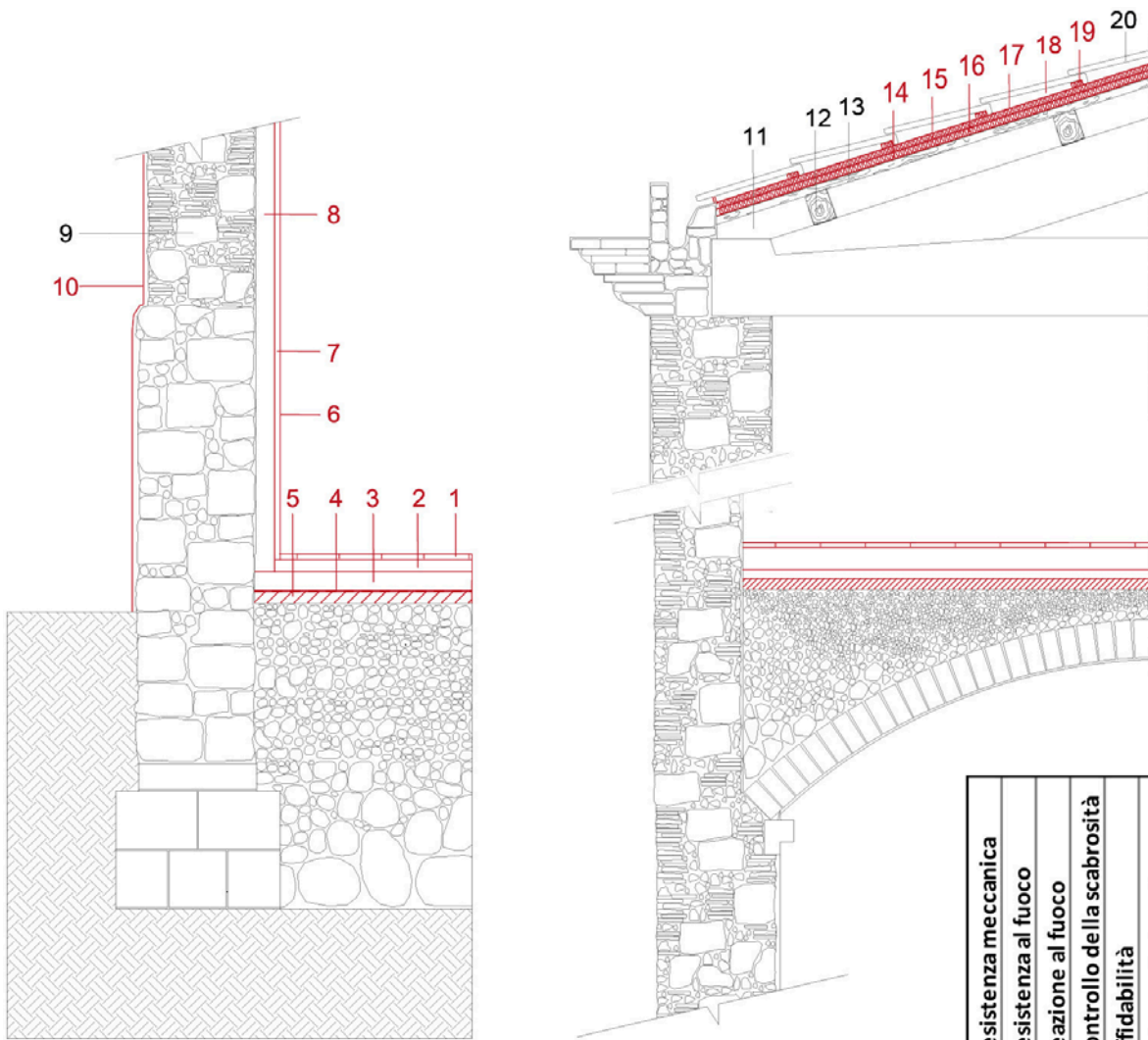
FASE 3. Verificati i degradi degli elementi tecnici e dei quantitativi di materia da demolire, è stata calcolata l'efficacia prestazionale residua di ogni materiale rispetto all'elemento tecnico di appartenenza: struttura di elevazione verticale (SEV), solaio di base (COI), copertura (CS) e partizione interne orizzontali

(PIO). Le percentuali risultano dipendere direttamente dallo stato di conservazione del materiale analizzato, ma possono variare in funzione delle alternative di intervento.

FASE 4. Quindi, sono state elaborate e comparate due soluzioni tecniche alternative di intervento per ogni elemento tecnico, confrontando le quantità di energia associate al mantenimento, perdita, addizione o recupero di materia (Fig. 6). Così, per l'isolamento termico delle murature dall'interno: il sughero ($\lambda=0,044$ da 12 cm) e la lana di roccia ($\lambda=0,033$ da 10 cm), aventi rispettivamente valori di EE=4MJ/kg e EC=0,19 kg CO₂ equ/kg ed EE=16,8MJ/kg e EC=1,12 kg CO₂ equ/kg (fig. 7). Le alternative indagate hanno evidenziato un aumento di EE del 9,8% (+304,26 MJ/m²) ed EC del 2,63% (+20,61 CO₂ equ/m²) impiegando il sughero; e del 13,0% di EE (+405,06 MJ/m²) e del 3,62% di EC (+28,29 CO₂ equ/m²) con la lana di roccia (Fig. 8). Ipotizzando una soluzione alternativa con isolante in pannelli da 10 cm in EPS ($\lambda=0,033$; EE= 84,7 MJ/kg e EC=3,42 kgCO₂ equ/kg) l'EE aumenterebbe di +4972,86 MJ/m² crescendo di



04 |



			Resistenza meccanica	Resistenza al fuoco	Reazione al fuoco	Controllo della scabrosità	Affidabilità	Isolamento termico	Isolamento acustico	Resistenza all'irraggiamento	Tenuta all'aria	Tenuta all'acqua
COI Chiusura orizzontale inferiore	1. Piastrelle	Elemento di finitura in ceramica (2cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	2. Massetto	Calcestruzzo alleggerito (5cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SEV Struttura di elevazione verticale	3. Isolamento termico	Pannelli in sughero (9cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	4. Strato di scorrimento	Membrana in HDPE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	5. Massetto	Elemento di finitura in cemento (10cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	6. Rasatura interna	Finitura a gesso	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SEV Struttura di elevazione verticale	7. Finitura interna	Pannello in cartongesso (12mm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	8. Isolamento termico	Pannello in sughero (12cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	9. Muratura portante	Conci irregolari di trachite	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	10. Intonaco esterno	Finitura esterna (2cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CS Chiusura inclinata superiore	11. Capriate	Legno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	12. Orditura secondaria	Legno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	13. Tavolato	Legno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	14. Strato di separazione	Foglio in PP (0,1mm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	15. Listelli	c.a. (4x15cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	16. Isolamento termico	Pannelli in sughero (12cm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	17. Membrana impermeabilizzante	Foglio in PET (0,1mm)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	18. Camera d'aria	3 cm	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	19. Listelli di sostegno	Legno	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	20. Tegole	Cotto	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

05 | Embodied Energy (EE) e Carbon Energy (EC) di ciascun materiale, calcolate percentualmente rispetto all'elemento tecnico di appartenenza. Indicazione percentuale dei pesi di ciascuna compagine costruttiva rispetto all'intera massa dell'edificio
Embodied Energy and Carbon Footprint of each material, in percentage on each technical element. Percentage of the weight of each constructive portion with respect to the whole building mass

06 | Indicazione dell'efficienza materica di ciascun materiale all'interno dell'elemento tecnico, considerata anche l'EE residua e persa (dalla demolizione)
Matter Efficiency (IE) of each material within the technical element, including the residual and lost EE shares due to the demolition

07 | Grafico di confronto delle alternative progettuali rispetto all'EE e all'EC di ogni materiale adottabile (sughero e lana di roccia per l'isolamento dell'involucro)
Comparison of EE and EC of each material in intervention alternatives (cork and rockwool for the envelop insulation)

08 | Grafico di confronto dei bilanci complessivi relativi alle alternative progettuali, rispetto all'EE e all'EC considerando il recupero, riuso, perdita ed aggiunta di materia per raggiungere i requisiti prestazionali richiesti
Comparison of the total balances for the intervention alternatives, with respect to the EE and EC that include the reuse, recycle, lost, addition of matter to meeting the performance requirements

oltre il 500% e l'EC sarebbe pari a +184,68 kg CO₂ equ/kg, oltre il 900%.

Analogamente, sono stati analizzati il solaio di base e la copertura. Per il primo si è ipotizzata la rimozione del pavimento in ceramica, che andrà interamente in discarica perché irrecuperabile, perdendo 42 MJ/mq; la rimozione del sottofondo in cls, parte del quale si potrà riutilizzare *in situ* con un recupero del 70% (come da Reg. (UE) n. 305/2011) per un valore di EE pari a 181,02 MJ/mq e parte dovrà reintegrarsi per EE 82,08 MJ/mq. Poi si è confrontata l'incidenza di un pavimento in marmo da 3 cm rispetto ad uno in calcestruzzo "lisciato" in opera da 8 cm, ipotizzando in entrambi i casi l'utilizzo di pannelli in sughero per ridurre gli scambi termici verso il terreno. I risultati evidenziano una crescita di EE del 40% per il pavimento in marmo e del 59% per la soluzione in calcestruzzo.

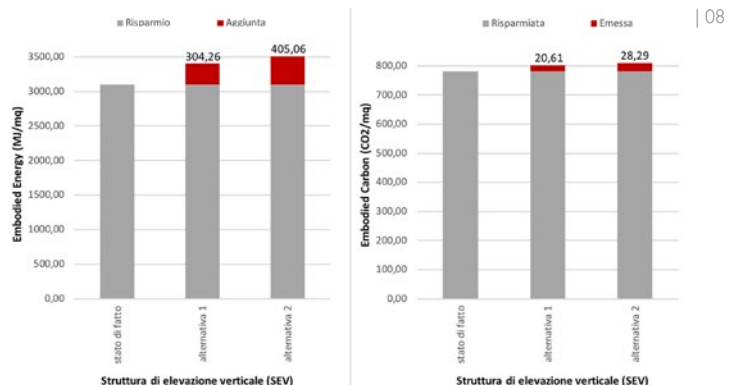
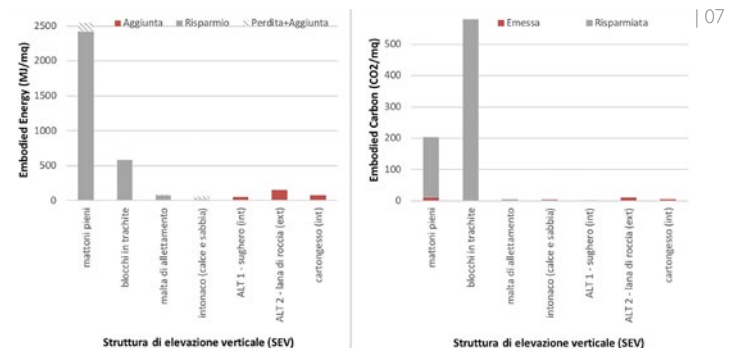
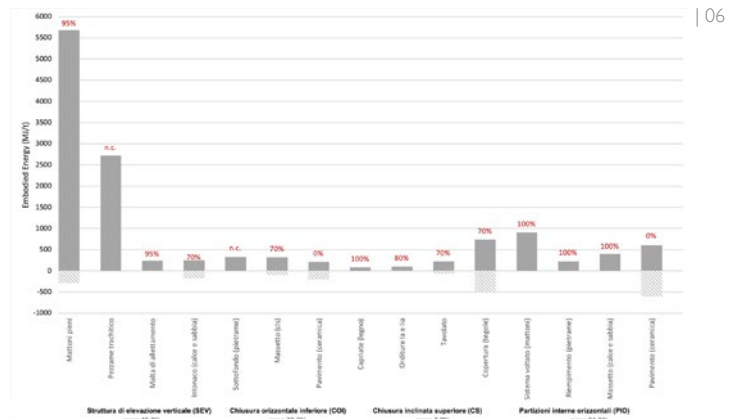
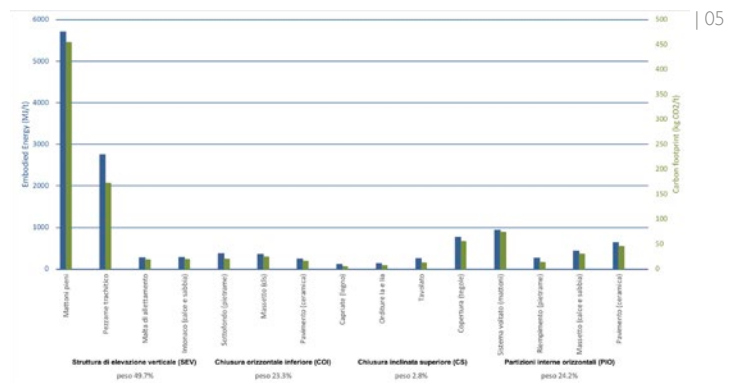
Anche per la copertura sono state analizzate due alternative, recuperando interamente la struttura lignea perché in buono stato di conservazione: nella prima, con isolante in sughero da 12 cm

tively count EE=4 MJ/kg, EC=0,19 kgCO₂ equ/kg and EE=16,8 MJ/kg, EC=1,12 kg CO₂ equ/kg (Fig. 7). The examined solutions show an increase in EE of 9,8% (+304,26 MJ/mq) and EC of 2,63% (+20,61 CO₂ equ/mq) using cork; an increase in EE of 13,0% (+405,06 MJ/mq) and EC of 3,62% (+28,29 CO₂ equ/mq) with rock wool (Fig. 8). Assuming a third option with EPS insulating panel, 10 cm thick ($\lambda=0,033$; E= 84,7 MJ/kg e EC=3,42 kgCO₂ equ/kg) the EE would increase of +4972,86 MJ/mq (over 500%) and EC would be +184,68 kg CO₂ equ/kg (over 900%).

Similarly, the ground floor and the roof have been investigated. Regarding the first one, the total removal of ceramic flooring – to dismantle because out of order – has been assumed, losing 42 MJ/mq. The removal of the concrete subfloor has been also con-

sidered: assuming to reuse part of it in situ (70% as by Reg. EU n.305/2011), that counts EE=181,02 MJ/mq, and to integrate the remaining part, adding EE=82,08 MJ/mq. Then the effects of 3 cm marble flooring compared to one in 8 cm of smooth concrete were compared, assuming in both cases to use cork panels for reducing thermal exchange with the ground. The results show an increase in EE of 40% for the former and 59% for the latter.

Also for the roof two possible solutions have been investigated, maintaining the whole wooden structure well preserved: the first with 12 cm cork insulation and air space produces a EE increase by 7,31%; whilst the second with 9 cm EPS panels without air space generates a EE increase by 11,98%. As foreseeable, this proves that with equal performance the environmental impact engendered by the polystyrene



e camera d'aria l'aumento dell'energia incorporata è del 7,31%; nella seconda, con pannelli di EPS da 9 cm senza camera d'aria, l'EE aumenta dell'11,98%. Ciò conferma, come già noto, che a parità di prestazione, gli impatti ambientali dovuti al processo di produzione del polistirene incidono maggiormente sulla scelta tecnica adottata.

Conclusioni

Come in altre sperimentazioni che indagano i bilanci ambientali associati alla riqualificazione del costruito, i limiti sono in particolare riferibili all'impiego di dati di inventario assunti per quantificare l'energia incorporata e la *carbon footprint* relativa a materiali di cui non si conoscono i relativi processi produttivi. Tuttavia, questo approccio permette una quantificazione orientativa del profilo ambientale del costruito, promuovendone il riutilizzo in funzione del suo reale potenziale ambientale nascosto (Fuertes, 2017).

La metodologia si dimostra utile per la valutazione e scelta delle alternative tecniche di riqualificazione a più basso profilo ambientale alla scala esecutiva. In particolare, l'indicatore di efficienza materica residua può accompagnare una schedatura del patrimonio edilizio esistente permettendo una valutazione preliminare delle alternative di riqualificazione in chiave life cycle. Ciò richiede comunque ulteriori applicazioni per affinare gli indicatori adottati e rendere sempre più affidabili i bilanci ambientali alle ipotesi di riqualificazione.

manufacturing have the greatest impact on the adopted technical solution.

Conclusions

As in other study concerning the environmental balance associated to refurbishment, the limits of the research regard in particular the use of inventory data for the assessment of EE and EC when the manufacturing process of certain materials is unknown. However, the approach provides an indicative evaluation of the building environmental profile, supporting its reuse according to the environmental potential value (Fuertes, 2017).

The method is useful for the assessment of alternative technical solutions for the refurbishment, hence for the selection of the alternatives with the lower environmental profile at the detailed design scale. In particular, the index of residual matter efficiency can be

associated with a classification of the existing building stock, allowing a preliminary assessment of refurbishment solutions from a life cycle perspective. Nevertheless, further developments are needed in order to improve the indicators and get increasingly accurate environmental balance for the refurbishment design.

NOTES

¹ Which count for about one third of the volume of wastes produced in EU-28 (Eurostat, 2016).

² Thresholds are based on DM "Requisiti minimi" 26 June 2015 for refurbished buildings (by 2021) and accordingly with the MIBACT's guidelines on energy efficiency of cultural heritage.

NOTE

¹ Che ammontano a circa un terzo del volume dei rifiuti prodotti in EU-28 (Eurostat, 2016).

² Parametri desunti dal DM "Requisiti minimi" del 26 giugno 2015 per edifici soggetti a riqualificazione edilizia (riferiti al 2021), in accordo con le linee guida del MiBACT sull'efficientamento energetico del patrimonio culturale.

REFERENCES

Addis, B. (2006), *Building with Reclaimed Components and Materials. A Design Handbook for Reuse and Recycling*, Routledge, London.

Baker, H., Moncaster, A. and Al-Tabbaa, A. (2017), "Decision-making for the demolition or adaptation of buildings", *Forensic Engineering*, Vol. 170, n. 3, pp. 140-156.

Berg, F. and Fuglseth, M. (2018), "Life cycle assessment and historic buildings: Energy-efficiency refurbishment versus new construction in Norway", *Journal of Architectural Conservation*, Vol. 24, n. 2, pp. 152-167.

Blengini, G.A., (2009), "Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy", *Building and Environment*, Vol. 44, pp. 319-30.

BRE (2016), "Sustainable refurbishment – how to better understand, measure and reduce the embodied impacts", available at: <https://www.bre.co.uk/filelibrary/Briefing%20papers/98660-Sustainable-Refurb-Briefing-Paper.pdf> (accessed 24 April 2016).

CEN (2017), *Conservation of Cultural Heritage – Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings*, TC 346, EN 16883:2017.

- Cossu, R. (2013), "The Urban Mining concept", *Waste Management*, Vol. 33 (3), pp. 497-498.
- De Angelis, E., Dotelli, G., La Torre, A., Pansa, G., Pittau, F., Porcino C. and Villa, N. (2013), "LCA and LCC based Energy Optimization of Building Renovation Strategies", *SB13 Graz - Sustainable Building Conference 2013*, pp. 77-86.
- ENEA (2016), *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2016*.
- European Commission (2014), *COM 398 - Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe*, Brussels.
- European Commission (2014), *COM 445 final - Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia*, Brussels.
- European Commission (2014), "Most residential buildings were built before thermal standards were introduced", available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/content/most-residential-buildings-were-built-thermal-standards-were-introduced> (accessed 21 February 2019).
- European Commission (2015), *COM 614 - Closing the loop. An EU action plan for the Circular Economy*, Brussels.
- Eurostat (2016), *Key figures on Europe*.
- Ferreira, J., Pinheiro, M.D. and De Brito, J. (2013), "Refurbishment decision support tools review-Energy and life cycle as key aspects to sustainable refurbishment projects", *Energy Policy*, Vol. 62, pp. 1453-1460.
- Filippi, M. (2015), "Remarks on the green retrofitting of historic buildings in Italy", *Energy and Buildings*, Vol. 95, p. 15-22.
- Fuertes, P. (2017), "Embodied Energy Policies to Reuse Existing Buildings", *Energy Procedia*, Vol. 115, pp. 431-439.
- 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.
- Konstantinou, T. and Knaack, U. (2011), "Refurbishment of residential buildings: A design approach to energy-efficiency upgrades", *Procedia Engineering*, n. 21, pp. 666-675.
- Itard, L. and Klunder, G., (2007), Comparing environmental impacts of renovated housing stock with new construction, in *Building Research & Information*, Vol. 35 (3), p. 252-267.
- Menzies, G.F. (2011), *Embodied energy considerations for existing buildings*, Technical Paper 13 of Historic Scotland Research, Heriott-Watt University, Edinburgh.
- Mickaityte, A., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. and Tupenaite, L. (2008), "The concept model of sustainable buildings refurbishment", *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 12, n. 1, pp. 53-68.
- Monsù Scolaro, A. (2018), "Embodied Energy e prestazione residua: misurare il valore ambientale dell'esistente", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 16, pp. 226-234.
- Munarim, U. and Ghisi, E. (2016), "Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 58, pp. 235-249.
- Paleari, M. and Campioli, A. (2015), "I rifiuti da costruzione e demolizione: LCA della demolizione di 51 edifici residenziali", *Ingegneria dell'Ambiente*, Vol. 4, pp. 47-61.
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2017), "Circular economy for the built environment: A research framework", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 710-718.
- Preservation Green Lab (2011), "The Greenest Building: Quantifying the Environmental Value of Building Reuse", National Trust for Historic Preservation, available at: https://living-future.org/wp-content/uploads/2016/11/The_Greenest_Building.pdf
- Rasmussen, F.N. and Birgisdóttir, H. (2016), "Life cycle environmental impacts from refurbishment projects - A case study", *Central Europe Towards Sustainable Building 2016: Innovations for Sustainable Future*, pp. 227-284.
- Thomsen, A., and Van der Flier, K. (2002), "Updating the housing stock: the need for renovation based approaches", *Proceedings of the International Research Conference on Housing Cultures, Convergence and Diversity*, ENHR & Europaforum Wien.

Francesco Livio Rossini,

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Sapienza Università di Roma, Italia

francesco.rossini@uniroma1.it

Abstract. L'industria delle costruzioni, attanagliata da una persistente crisi, ha nelle opportunità date dalla rivoluzione digitale l'occasione di efficientare l'intero comparto. Tali opportunità non sono insite tanto negli strumenti, quanto nelle innovative metodologie di gestione dei processi, legate agli sviluppi delle tecniche di intelligenza artificiale. Nell'articolo si presenta dunque l'elaborazione di un prototipo di integrazione tra Agenti autonomi e BIM: il risultato è la simulazione di alternative progettuali, a seconda delle diverse possibilità di ottimizzare le risorse a disposizione. In questo modo, nel progetto esecutivo diventa proattiva sia la fase di verifica progettuale sia l'organizzazione del cantiere, dal modello virtuale alla costruzione.

Parole chiave: BIM; Project Management; IoT; *Agent-Based Simulation*.

Introduzione

Dopo oltre un decennio di continua recessione economica, il concetto di crisi è ormai da considerare come condizione al contorno per la riorganizzazione radicale dell'industria delle costruzioni. In tal senso è intervenuto anche il legislatore, che ha individuato nella suddivisione delle fasi progettuali uno degli aspetti critici da riorganizzare e attualizzare, anche alla luce delle metodologie digitali espressamente sviluppate per l'edilizia come il BIM (Building Information Modeling). Pertanto, all'architetto contemporaneo è richiesto lo stesso sforzo compiuto nell'antichità per lo sviluppo dei sistemi voltati, nel Rinascimento con la prospettiva e nelle rivoluzioni industriali con la meccanizzazione. Considerando perciò che ogni epoca ha colto le proprie opportunità tecnologiche, adesso è necessario rafforzare il legame tra gestione del progetto e l'informatica, al fine di poter ottimizzare le risorse impiegate nei processi realizzativi dell'architettura, reinterpretando il progetto esecutivo sia come veicolo principale delle informazioni dal progetto virtuale alla realtà costruttiva, sia come fase di verifica – continua e sistemica – del progetto stesso. Uno dei fattori che determinano la scarsa gestibilità della com-

plexità del progetto è la frammentazione della conoscenza in compartimenti poco permeabili, costituiti dai raggruppamenti di specialisti che, ognuno per propria competenza, immagazzinano i propri metodi e risultati in 'silos mentali'. Questo comporta la presenza di tanti progetti settoriali paralleli, verificati solamente all'interno del proprio dominio di appartenenza. Nonostante gli avanzamenti nel settore del CAD (Computer Aided Design) abbiano permesso la fattibilità dell'approccio progettuale circolare e collaborativo, tuttora questi non sono adeguatamente utilizzati in una visione di progettazione integrata supportata dalla rete digitale (Carrara *et al.*, 2001).

La ricerca illustrata in questo articolo dunque ha l'obiettivo di definire le innovative modalità di integrazione del progetto esecutivo all'interno del processo edilizio, mediante approcci simulativi capaci di predire gli esiti delle scelte intraprese ben prima della loro esecuzione materiale in cantiere, nell'ottica di inquadrare il progetto esecutivo quale affidabile "piano direttivo per la realizzazione" (Ferrante, 2008), capace perciò di annullare le possibili varianti e riserve in corso d'opera.

Si illustrano quindi le potenzialità e i limiti della progettazione esecutiva condotta con l'impiego della metodologia BIM, implementata con simulazioni *Agent-based*, mantenendo una interconnessione costante tra informazioni derivanti dai diversi attori del processo e dai diversi luoghi, sia reali che virtuali, presso i quali il progetto via via prende forma secondo l'approccio "4.0". Per arrivare a ciò, è stato necessario aggiornare l'approccio progettuale, arrivando dunque a collegare iterativamente gli elementi di dettaglio propri del progetto esecutivo con il relativo cronoprogramma, per poi verificarne la congruenza e fattibilità mediante simulazioni *Agent-Based* applicate al modello BIM

Integration between BIM and Agent-based simulation for the 4.0 detailed design

Abstract. The construction industry, affected by a persistent crisis, has in the innovation provided by the digital revolution the opportunity to make the whole sector more efficient. These opportunities are not so much inherent in the tools, as in the innovative methods of process management, linked to the development of Artificial Intelligence techniques. The article therefore presents the development of a prototype of integration between Autonomous Agents and BIM: the result is the simulation of design alternatives, according to the different possibilities of optimizing the available resources. In this way, in the detailed design both the design verification phase and the organization of field, from the virtual model to the construction, becomes proactive.

Keywords: BIM; Project Management; IoT; Agent-Based Simulation.

Introduction

After more than a decade of continuous economic recession, the concept of crisis is now to be considered as a condition for the radical reorganization of the construction industry. In this sense, the legislator has also intervened, and has identified the subdivision of the design phases as one of the critical aspects to be reorganized and updated, also in the light of the digital methodologies specifically developed for the building industry, such as BIM (Building Information Modeling). Therefore, the contemporary architect is required to make the same effort as in ancient times was for the development of vaulted systems, in the Renaissance with perspective and in industrial revolutions with mechanization. Therefore, considering that every era has taken advantage of its technological opportunities, it is now necessary

to strengthen the link between project management and information technology, in order to optimize the resources used in the construction processes of architecture, reinterpreting the Detailed design both as the main vehicle of information from the virtual project to the construction reality, and as a phase of continuous and systemic verification of the project itself.

One of the factors that determine the poor manageability of the complexity of the project is the fragmentation of knowledge into compartments that are not very permeable, made up of groups of specialists who, each for their own competence, store their methods and results in 'mental silos'. This entails the presence of many parallel sectoral projects, verified only within their own domain. Although advances in the field of CAD (Computer Aided Design) have allowed the feasibility of

dell'edificio (Rossini *et al.*, 2017). Ogni componente del progetto esecutivo infatti, è stato gestito come una attività da svolgere in una determinata zona del cantiere, a carico di un certo numero di squadre lavorative (Novembri *et al.*, 2015). Considerando la vasta complessità dell'argomento e il numero esponenziale delle variabili in gioco, il prototipo digitale sviluppato prende in analisi solo una parte delle lavorazioni da svolgere, le opere strutturali, per validare dunque un metodo che poi, con gli opportuni supporti tecnici e tecnologici, si possa generalizzare all'interazione con tutte le altre categorie di lavori. La prospettiva futura è nella simulazione della costruibilità e operabilità (Ciribini, 2016) riducendo, ulteriormente, possibilità di sprechi legati a carenze progettuali anche nelle fasi successive alla mera realizzazione del bene edilizio.

Stato dell'arte

Sviluppi dell'informatica e l'evoluzione del progetto esecutivo

La progressiva introduzione dell'informatica nei tessuti produttivi industrializzati (es. automotive, aerospaziale, ecc.) non ha lasciato indifferente il mondo delle costruzioni. In questo settore difatti, le nuove metodologie digitalizzate di supporto informatico al progettista hanno iniziato a contaminare le modalità di approccio alla progettazione esecutiva che, finalmente, poteva essere svincolata dalla Regola d'arte, di natura prettamente manualistica, in favore dello sviluppo dell'approccio prestazionale che permette, grazie all'ingegnerizzazione del progetto, di ottimizzare materiali e risorse per creare soluzioni adeguate.

Il primo passo perciò è stato collegare il progetto esecutivo alla macchina, mediante strumenti CAM (Computer Aided Manufacturing), dapprima con applicazioni semplici e fortemente se-

rializzate, per poi instaurare un 'dialogo' tra software e macchina che, attraverso modelli e non più solo rappresentazioni, divenne in grado di realizzare i contenuti progettuali esecutivi direttamente sui materiali da impiegare (si pensi alle circa 33.000 lastre di rivestimento del Guggenheim di Bilbao).

Successivamente, l'obiettivo si è spostato dalla formalizzazione di metodologie e strumenti tarati sull'ottimizzazione dei processi all'interno di una stessa organizzazione – o di uno stesso progetto – alla realizzazione di un *network* di professionisti e macchine dove il flusso delle informazioni avviene in un ambiente informatico controllato, così da ridurre al minimo l'intervento umano (Castelo-Branco *et al.*, 2019). Questi sono infatti i presupposti dell'industria 4.0, ovvero la realizzazione di quell'ecosistema informatico in grado di fornire i requisiti tecnici necessari a «supportare l'organizzazione dei processi produttivi basati su tecnologie e dispositivi messi autonomamente in contatto lungo la catena produttiva» (Smit *et al.*, 2016).

Metodi e tecniche della progettazione esecutiva nel flusso di lavoro BIM

Dal punto di vista applicativo, la progettazione esecutiva BIM si caratterizza per la continua e reciproca influenza sulle altre fasi progettuali, e alla possibilità di utilizzare le famiglie digitali messe a disposizione dall'industria (i.e. Saint-Gobain, Grundfos, Dolomiti X-LAM, ecc.), sebbene vi siano importanti limiti di interoperabilità tra formati BIM nonostante i risultati raggiunti dal protocollo IFC (Zhang *et al.*, 2014).

Per superare tali limiti e favorire quindi il flusso di dati tra imprese e progettisti, sono stati realizzati modelli basati sul Web Semantico (Costa and Mandrazo, 2015) che consistono nella

a circular and collaborative design approach, these are still not adequately used in an integrated design vision supported by the digital network (Carara *et al.*, 2001).

The research illustrated in this article therefore aims to define the innovative methods of integration of the executive project within the building process, through simulative approaches capable of predicting the results of the choices made well before their material execution on site, with a view to framing the executive project as a reliable "master plan for the realization" (Ferrante, 2008), therefore able to cancel any possible variations and reservations during the work.

The potentialities and limits of the executive design carried out with the use of the BIM methodology, implemented with Agent-based simulations, are illustrated, maintaining a constant

interconnection between information deriving from the different actors of the process and from the different places, both real and virtual, where the project gradually takes shape according to the "4.0" approach.

In order to achieve this, it was necessary to update the design approach, thus connecting iteratively the detailed elements of the executive project with the related time schedule, and then verify the congruence and feasibility through Agent-Based simulations applied to the BIM model of the building (Rossini *et al.*, 2017). Each component of the executive project, in fact, was managed as an activity to be carried out in a specific area of the construction site, by a certain number of working teams (Novembri *et al.*, 2015). Considering the vast complexity of the subject and the exponential number of variables at stake, the digital prototype developed

analyses only a part of the work to be done, the structural works, to validate a method that then, with the appropriate technical and technological support, can be generalized to the interaction with all other categories of work. The future perspective is in the simulation of constructability and operability (Ciribini, 2016) reducing, further, the possibility of waste related to design issues, even in the phases following the mere realization of buildings.

State of the art

Developments in Information Technology (IT) and the evolution of detailed design

The progressive introduction of IT in industrial field (e.g. automotive, aerospace, etc.) has not left the building sector indifferent. In this sector, the new digitalised methods of IT, have progressively begun to contaminate

the methods of approaching detailed design which, finally, could move from the 'according to the book' form of agreement, to the development of the 'performative approach' which, thanks to the engineering of the project, allows the optimisation of materials and resources used to create suitable solutions.

The first step therefore, was to connect the executive project to machines, using CAM (Computer Aided Manufacturing) tools, first with simple and highly serialized applications, then establishing a "dialogue" between software and machine which, through models and no longer just representations, became capable of realizing the Detailed design contents directly on the materials to be used (f.i. the 33,000 cladding slabs of the Bilbao Guggenheim).

Subsequently, the goal shifted from

possibilità, data dalla creazione di meta-informazioni condivise in rete, di collegare ontologicamente le famiglie BIM messe a disposizione dall'industria e il quadro esigenziale del progetto: in questo modo, i progettisti possono direttamente interrogare il catalogo che, grazie a motori di ricerca semantici, sono in grado di proporre componenti adeguati alle necessità progettuali, e condividerne la conoscenza intrinseca del prodotto con il progettista (cfr. BAUKOM).

Altri esempi – meno complessi – sono dati dai plug-in eseguibili direttamente negli ambienti di modellazione BIM (es. Revit®) come, prendendo ad esempio il settore dell'illuminotecnica, ReluxCAD®: in questo modo è possibile simulare la resa del componente selezionato a catalogo oppure crearne uno nuovo, con geometrie e proprietà che poi, senza ulteriori passaggi, andranno a costituire il progetto esecutivo del componente stesso.

Limiti dello stato dell'arte e loro superamento

Oltre alla mancanza di standard condivisi pienamente interoperabili e alla necessità di dover usufruire di un ecosistema informatico particolarmente performante, il limite più evidente dell'attuale livello di digitalizzazione del progetto è nel comportamento prevalentemente reattivo degli strumenti rispetto agli input immessi dai progettisti. La mancanza perciò di un motore inferenziale interno a questi strumenti, capace di valutare autonomamente gli input rispetto agli obiettivi progettuali da raggiungere, determina ancora l'assenza di metodologie in grado di supportare il progettista a livello decisionale.

Da questa considerazione nascono le motivazioni della ricerca, ovvero cogliere le possibilità date dall'attuale sviluppo delle tecniche di intelligenza artificiale affinché il progettista, lungo lo

sviluppo del progetto, possa avvalersi di un sistema digitale capace di supportarlo a livello strategico, grazie a strumenti capaci di predire gli esiti delle scelte progettuali, e valutarne gli effetti sul piano tecnico.

Metodologia

Integrazione tra BIM e Agent-based simulation

Nell'evoluzione delle tecniche di intelligenza artificiale, uno dei principali temi di approfondimento è stato il concetto di Agente Autonomo (Fig. 1), ovvero di quella entità capace di effettuare operazioni a seconda delle condizioni interne ed esterne, degli attributi, della topologia, delle regole comportamentali e degli obiettivi prefissati, senza il diretto controllo umano (Wooldridge, 2008).

Questa indipendenza si può declinare secondo diversi livelli di complessità: un agente difatti può avere comportamenti molto semplici, puramente reattivi rispetto all'applicazione di regole condizionali del tipo *if-then*, oppure presentare livelli di intelligenza sempre maggiori quali, ad esempio, il comportamento basato sull'applicazione delle regole in relazione ad un determinato evento (*event based*), fino a giungere alla completa autonomia (Castelfranchi and Falcone, 1998) che, grazie anche a sistemi di inferenza statistica, conducono al comportamento *proactive*, ovvero la condizione in cui la macchina – oltre a prefigurare l'esito delle scelte – suggerisce una o più soluzioni in grado di raggiungere il miglior risultato in relazione alle esigenze da soddisfare. L'agente inoltre ha una natura prettamente relazionale, tesa a creare sistemi multi-agente, che meglio si adattano a modellare la realtà complessa e, perciò, le relative interconnessioni dinamiche.

formalizing methodologies and tools for the optimization of processes into the same organization – or the same project – to creating a network of professionals and machines, where the flow of information takes place in a controlled digital environment, so as to minimize human intervention (Castelo-Branco *et al.*, 2019). These are effectively the prerequisites of the 4.0 industry, i.e. the creation of a digital ecosystem capable of providing the technical requirements necessary to «support the organization of production processes based on technologies and devices put into contact autonomously along the production chain» (Smit *et al.*, 2016).

Methods and techniques of Detailed design in BIM workflow

From a practical point of view, the BIM Detailed design is characterized by the

continuous and reciprocal influence on the other design phases, and the possibility to use the digital families made available by the industry (i.e. Saint-Gobain, Grundfos, Dolomiti X-LAM, etc.), although there are important limits of interoperability between BIM formats despite the results achieved by the IFC protocol (Zhang *et al.*, 2014).

In order to overcome these limits and, thus, favour the data-flow between industry and designers, models based on the Semantic Web have been created (Costa and Mandrazo, 2015). These consist in the possibility, given by the creation of shared metadata, of ontologically connecting the BIM families made available by industry and the needs of the project: in this way, designers can directly query the catalogue which, thanks to semantic search engines, is able to propose com-

ponents suited to the design needs, and share the embedded knowledge of the product with the designer (f.i. BAUKOM).

Other examples – less complex – are given by plug-in that can be executed directly in BIM modelling environments (e.g. Revit®), such as ReluxCAD®, taking for instance the lighting engineering sector: with this tool is possible to simulate the performance of the component selected from the catalogue, or create a new one, with geometries and properties that, without further steps, will then constitute the Detailed design of the component itself.

Limits of the state of the art and their overcoming

In addition to the lack of fully interoperable shared standards, and the need to improve ICT ecosystem, the most

evident limits of the current level of digitization of the Detailed digital project is the mainly reactive behaviour of the tools, compared to the inputs entered by the designers. The lack, therefore, of an inferential engine within these tools, capable of independently evaluating the inputs with respect to the project objectives to be achieved, still determines the absence of methodologies capable of supporting the designer at the decision-making level. From these considerations arise the motivation of research, i.e. to seize the possibilities given by the current development of artificial intelligence techniques so that the designer, along the development of the project, can take advantage of a digital system, capable of supporting it at a strategic level, thanks to tools capable of predicting the results of the design choices, and evaluate the effects on the technical level.

Il prototipo è stato sviluppato per legare i risultati delle iterazioni avvenute nell'ambiente simulativo *Agent-based* con il mondo BIM, utilizzando la connessione messa a disposizione dalle API (Application Programming Interface), concretizzando dunque un aggiornamento dei dati continuo e reciproco. Pertanto, ogni oggetto BIM (istanza) sarà rappresentato all'interno del sistema ad agenti secondo proprie regole, obiettivi e comportamenti. Il dettaglio esecutivo quindi, sarà modellato come un sistema in cui ogni elemento è un agente che deve raggiungere degli obiettivi, nella misura in cui anche gli altri agenti (=oggetti BIM) dovranno soddisfare i loro: questo processo di parallelizzazione si conclude quando ogni oggetto BIM ha trovato, soddisfacendo i requisiti prestazionali imposti, la sua dimensione in relazione con le altre parti del tutto.

Il risultato è la generazione automatica di un dettaglio costruttivo soddisfacente dove, tra le altre proprietà, sono inserite le maestranze da impiegare e le aree da occupare, in maniera tale da poter verificare anche gli aspetti legati alla costruibilità del sistema (Fig. 2)

Il risultato grafico di questa interazione è una interfaccia grafica detta "canvas" che descrive, dato il progetto esecutivo degli elementi contenuti in quell'area, le tempistiche e l'effettiva area di lavoro, tenendo conto anche delle propedeuticità tra le varie attività.

Caso studio: S. Giovanni Battista in S. Angelo in Theodice, Cassino - FR

I risultati di questa ricerca sono frutto dell'approfondimento del lavoro svolto durante il Dottorato di Ricerca. Per validare di

fatti la metodologia oggetto della tesi, sono stati selezionati tre casi studio nel settore dell'edilizia di culto: la scelta del campione

Methodology

Integration of BIM and Agent-based simulation

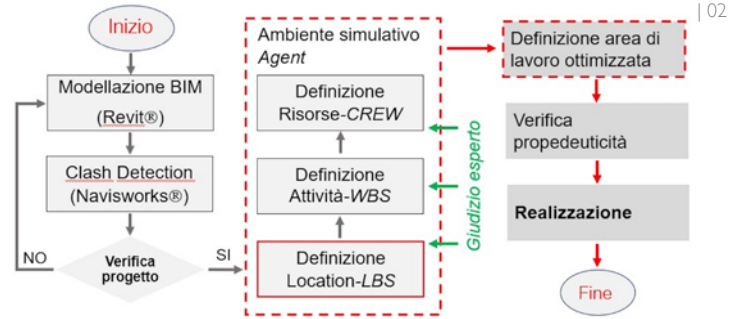
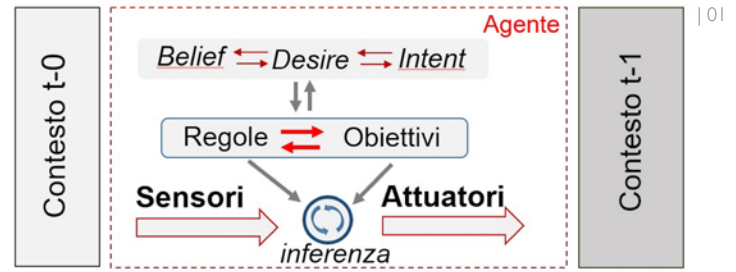
In the evolution of artificial intelligence techniques, one of the main themes of study was the concept of Autonomous Agent (Fig. 1) that is the entity capable of carrying out operations according to internal and external conditions, attributes, topology, behavioural rules and set objectives, without direct human control (Wooldridge, 2008).

This independence can be declined according to different levels of complexity: an agent can have very simple behaviours, purely reactive with respect to the application of conditional rules like the *if-then* type, or present ever different levels of intelligence such as, for example, the behaviour based on the application of rules in relation to a given event (*event based*), till to reach the complete autonomy (Castelfranchi

et Falcone, 1998) which, also thanks to statistical inference systems, lead to *proactive* behaviour, that is the condition in which the machine – in addition to prefiguring the outcome of the choices made – assess one or more solutions, capable of achieving the best result in relation to the needs to be satisfied.

The agent also has a purely relational nature, aimed at creating multi-agent systems, which are better suited to modeling complex reality and, therefore, its dynamic interconnections.

The prototype was developed to link the results of the iterations that took place in the Agent-based simulative environment with the BIM world, using the connection provided by the API (Application Programming Interface), thus creating a continuous, reciprocal, updating of data. Therefore, each BIM object (instance) will be



è stata dettata dalla necessità di analizzare lavorazioni simili date da problematiche diverse, legate alla differenza di ubicazione e, soprattutto, di epoca di costruzione delle chiese oggetto dei lavori.

Il caso studio presentato è stato scelto perché, nella definizione dei sistemi di miglioramento sismico, il ruolo del progetto esecutivo "Agent-based" è stato quello di ottimizzare le risorse in gioco, bilanciare gli interventi con i materiali allo stato di fatto, verificare la fattibilità e le tempistiche per poter definire i tempi di chiusura dell'edificio.

Il primo passo è stata la modellazione BIM dell'edificio secondo lo standard LOD 350 e, da qui, la modellazione delle regole e degli obiettivi degli Agenti. Inoltre, trattandosi di un edificio affetto da diverse carenze strutturali, per poter verificare il costo e la tipologia degli interventi da prendere in considerazione per

represented within the Agent system according to its own rules, objectives and behaviours. The executive detail, therefore, will be modeled as a system in which each element is an agent that must achieve objectives, to the extent that the other agents (=BIM objects) will also have to meet theirs: this process of parallelization ends when each BIM object has found, meeting the performance requirements imposed, its size in relation to the other parts of the whole.

The result is the automatic generation of a satisfactory construction detail where, among other properties, the workers to be employed and the areas to be occupied are gathered, in such a way as to be able to verify also the aspects linked to the constructability of the system (Fig. 2).

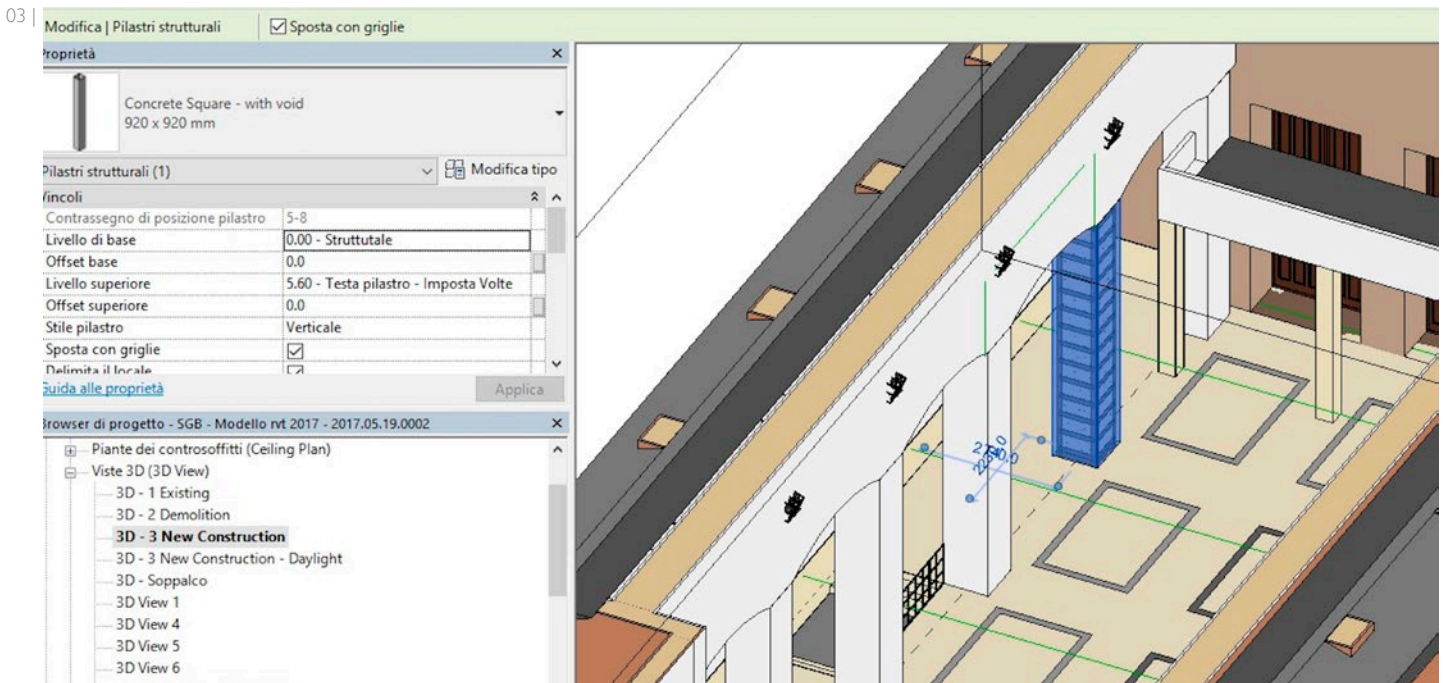
The graphic result of this interaction is a graphic interface called 'canvas' that

describes, given the executive design of the elements contained in that area, the timing and the actual working area, also verifying the consequentiality among working-activities.

Case study: S. Giovanni Battista church in Latium country, Cassino City - FR

The presented results are part of the PhD thesis, concluded in 2018. In order to validate the methodology developed during doctoral studies, three cases in the field of worship buildings were selected: the choice was addressed by the need to analyze similar working-activities given by different problems, located in different sites and, above all, in different ages.

The presented case study was chosen because, in the engineering of seismic improvement systems, the role of the "Agent-based" Detailed design was



le operazioni di miglioramento sismico sono stati integrati, fin dalle fasi preliminari, elementi di consolidamento come le calastrellature metalliche (Fig. 3).

Oltre alla validazione del modello simulativo integrato nel modello BIM, è stata comunque eseguita una verifica *clash detection* del modello e, una volta confermato il tutto, si è passati alla definizione delle specifiche aree di lavoro (*location*), a cui sono associate le attività da svolgere e le risorse disponibili.

Nella fase di simulazione vi sono stati diversi problemi relativi alla penuria di spazi dove stoccare il materiale. Difatti, considerando che i sistemi ad agenti ammettono il fallimento, molte interazioni non arrivavano allo stadio di parallelizzazione poiché,

to optimize the resources involved, balancing the working-activities with materials located in construction site, verifying also the feasibility and timing needed, to be able to define the closing times of the building.

The first step was the BIM modeling of the building according to the LOD 350 standard and, hence, the modeling of the rules and objectives of the Agents. Moreover, since the building is affected by various structural deficiencies, in order to verify the cost and type of interventions to be taken into account for seismic improvement operations, consolidation elements such as battened reinforcement were integrated from the preliminary stages (Fig. 3).

In addition to the validation of the simulative model integrated in the BIM model, a clash detection process of the model was carried out and, once everything was confirmed, we moved

on to defining the specific work areas (*locations*), which are associated with the activities to be carried out and the available resources.

In the simulation phase there were several problems related to the lack of space where to store the material. In fact, considering that Agent systems admit failure, many interactions did not reach the stage of parallelization because, in the phase in which the Agents processed data, one or more objectives could not be achieved, even considering the lowest ranges of acceptable values.

To solve this problem, two strategies were tested: the first, more elaborate and complex, provided for the definition of buffer zones, close to the workplaces of the other teams, for the positioning of the material to be removed only at the end of the working week; the second, more manageable from the

nella fase in cui gli Agenti processavano dati, uno o più obiettivi non riuscivano ad essere raggiunti, neanche considerando i più bassi intervalli di valori accettabili.

Per la risoluzione di questo problema sono state verificate due strategie: la prima, più elaborata e complessa, prevedeva la definizione di zone cuscinetto, a ridosso dei luoghi di lavoro delle altre squadre, per il posizionamento del materiale da rimuovere solo alla fine della settimana lavorativa; la seconda, più gestibile dal punto di vista organizzativo, consisteva invece nello spostamento progressivo dei materiali accumulati a terra. Il risultato è stato nettamente a favore della prima.

organizational point of view, consisted instead in the progressive displacement of the materials accumulated on the ground. The result was clearly in favour of the first solution.

Results

The integration between the Agents system and the BIM model takes place directly in the modeling software environment, without having to interrupt the work or have long processing periods. Analyzing the results of the simulations, they are plausible compared to the preliminary forecasts of the designer, arriving even to be more realistic in the prediction of the duration of activities. From the IT point of view, however, there are many problems related to interoperability between the various tools and, in general, the presence of numerous bugs due to the prototype nature of the system. Finally, the expe-

rience has recorded a saving of 3 working weeks out of the 10 budgeted; from the economic point of view, instead, it has been possible to record a reduction of 20%.

Conclusion and discussion

The design is composed of a series of interdependent choices, carried out by actors with different skills and expectations, who confront each time with non-repeatable cases. The proposed system therefore has the goal, thanks to the evidence of the simulation, to predict the outcomes and performance of the proposed technical solutions. This possibility allows the designer to balance his creativity with the actual possibility of realizing the work according to the economic limits and feasibility of itself, reducing the possibility that the creative power of a project is then degraded at the time of

Risultati

L'integrazione tra il sistema ad Agenti e il modello BIM avviene direttamente nell'ambiente del software di modellazione, senza dover interrompere il lavoro o avere lunghi periodi di elaborazione. Analizzando i risultati delle simulazioni, risultano plausibili rispetto alle previsioni preliminari del progettista, arrivando addirittura ad essere più realistiche nella previsione della durata delle lavorazioni. Dal punto di vista informatico invece, vi sono molti problemi legati all'interoperabilità tra i vari strumenti e, in generale, la presenza di numerosi banchi dovuti alla natura prototipale del sistema. L'esperienza condotta ha registrato infine un risparmio di 3 settimane lavorative sulle 10 preventivate; dal punto di vista economico invece, si è potuto registrare un ribasso del 20%.

Conclusioni e discussione

La progettazione è composta da una serie di scelte interdipendenti, eseguite da attori con diverse competenze e aspettative, che si confrontano volta per volta con casi non ripetibili. Il sistema proposto dunque si pone l'obiettivo, grazie all'evidenza della simulazione, di predire gli esiti e le prestazioni delle soluzioni tecniche proposte. Questa possibilità permette al progettista di poter bilanciare la propria creatività con l'effettiva possibilità di realizzare l'opera secondo i limiti economici e di fattibilità della stessa, riducendo la possibilità che la potenza creativa di un progetto venga poi svilita all'atto della realizzazione (si pensi al centro congressi "Nuvola").

Al contempo, la possibilità di poter verificare gli esiti delle scelte esecutive può orientare il progettista già dalle fasi prodromiche

realization (e.g. the conference center Cloud, based in Rome).

At the same time, the possibility of being able to verify the results of the executive choices can guide the designer from the prodromal phases of the process, quickly identifying which solutions are actually viable. The danger, common to all the hyper-digitalised sectors, is, however, the flattening of the designer's creativity which, in effect, may end up preferring "perfectly tested" solutions that are very similar to each other instead of the intuition, that has always driven architecture towards innovation.

The future perspectives of this research are in the interconnection of models with advanced sensors, according to the IoT (Internet of Things) paradigm. In this way, the Agent is put in constant communication with the real environment, allowing a continuous collection

of data necessary, for example, for planning of periodic maintenance and extraordinary interventions.

del processo, andando ad individuare velocemente quali sono le soluzioni effettivamente percorribili. Il pericolo, comune a tutti i settori iper-digitalizzati, è però l'appiattimento della creatività del progettista che, in effetti, può finire con il preferire soluzioni "perfettamente collaudate" ma molto simili tra loro, in luogo della intuizione che, da sempre, spinge l'architettura verso l'innovazione.

Le prospettive future di questa ricerca sono nella interconnessione dei modelli con sensoristica evoluta, secondo il paradigma IoT (*Internet of Things*). In questo modo, l'Agente è messo in costante comunicazione con l'ambiente reale, permettendo una costante raccolta di dati necessari, ad esempio, alla pianificazione della manutenzione periodica e degli interventi straordinari.

REFERENCES

- Carrara, G., Fioravanti, A. and Novembri, G. (2001), "Knowledge-based System to Support Architectural Design", in Penttila, H. (Ed.), *Architectural Information Management, Proceedings of eCAADe 2001 Conference*, Helsinki, pp. 80-85.
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F. and Oliveira, T. (2019), "Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union", *Computers in Industry*, Vol. 107, pp. 22-32.
- Castelfranchi, C. and Falcone, R. (1998), "Toward a theory of delegation for Agents-Based systems", *Robotics and Autonomous systems*, Vol. 24, pp. 141-157.
- Costa, G. and Mandrazo, L. (2015), "Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components", *Automation in Construction*, Vol. 57, pp. 239-248.
- Ciribini, A.L.C. (2016), *BIM e Digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill editore, Palermo, p. 156.
- Ferrante, T. (2008), *Legno e innovazione*, Alinea, Firenze, p.17.
- Novembri, G., Fioravanti, A. and Rossini, F.L. (2015), "Geometria qualitativa nel BIM world. Generazione della Location Breakdown Structure per un processo di costruzione sostenibile", in *Sostenibilità ambientale, economia circolare e produzione edilizia, Proceedings of ISTeA 2015*, Milano, p. 502-521.
- Rossini, F.L., Novembri, G. and Fioravanti, A. (2017), "BIM and Agent-Based model integration for construction management optimization", in 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) 9-12 July, Heraklion, Crete, Greece.
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C. and Carlberg, M. (2016), "Industry 4.0. a Study for the European Parliament", available at: <http://www.europarl.europa.eu/studies> (accessed 25 march 2019).
- Wooldridge, M. (2009), *An introduction to Multi-Agent systems*. John Wiley & Sons, Hoboken, 2008.
- Zhang, C., Beetz, J. and Vries, B. (2014), "An ontological approach for semantic validation of IFC models", *Proceedings of the 10th European Conference on Product & Process Modelling*, Wien, 2014, pp. 519-526.

Gerard Hausladen^a, Francesco Antinori^b, Michele Conteduca^b, Elisabeth Endres^a, Daniele Santucci^a,

^aTechnische Universität München

^bDipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

gerhard.hausladen@ibhausladen.de

f.antinori@hotmail.it

michele.conteduca@uniroma1.it

elisabeth.endres@ibhausladen.de

daniele.santucci@ibhausladen.de

Abstract. Il nuovo IBM Headquarters rappresenta un'esperienza di ricerca applicata operata in collaborazione tra il Dipartimento PDTA di Sapienza e la Technische Universität München, in cui la cultura tecnologica ha avuto un ruolo determinante nell'innovazione del tradizionale processo di progettazione integrata, fornendo il *know how* necessario allo sviluppo di soluzioni tecnico-prestazionali capaci di garantire obiettivi in linea con gli attuali standard internazionali. La consulenza sul *Facade Engineering* con gli studi energetico-ambientali ed il progetto di dettaglio dei caratteri costruttivi della facciata, ha permesso di coniugare target prestazionali e qualità architettonica, rispettare tempi e budget, contribuendo ad attrarre gli investimenti di una multinazionale come IBM.

Parole chiave: *Facade Engineering*; Involucro trasparente; Sostenibilità economica; *Performative design*; Progettazione integrata.

Introduzione

Il contributo è finalizzato a illustrare criticamente una significativa esperienza di *Facade Engineering* e ricerca applicata che ha portato in pochi mesi alla realizzazione di una rilevante opera di architettura romana destinata al terziario, riuscendo, attraverso il progetto esecutivo e la progettazione tecnologica di elementi e componenti costruttivi originali, a mantenere la coerenza tra ideazione progettuale e realizzazione dell'architettura. Si tratta del nuovo IBM Headquarters a Roma: un complesso direzionale di circa 12.000 m² costituito da tre edifici collegati da un basamento destinato a servizi e accoglienza clienti, e da passerelle poste a differenti livelli. Il concept architettonico, in linea con la mission di IBM, è stato basato su caratteri di flessibilità, fluidità e dinamicità. Questo si è tradotto in un linguaggio architettonico coerente sia nell'organizzazione funzionale degli spazi interni, sia nella caratterizzazione dell'immagine esterna. L'involucro, completamente trasparente, è connotato da una forte orizzon-

talità sottolineata dagli elementi di schermatura continui e integrati al sistema di facciata, per uno sviluppo complessivo di circa 9.500 m² (Fig. 1).

L'attività di ricerca sperimentale, coordinata dal gruppo di lavoro di Sapienza con la consulenza della Technische Universität München¹, rappresenta un caso esemplare di controllo tecnologico e ambientale del processo progettuale e costruttivo, evidenziando la dialettica che intercorre tra impostazione ambientale del progetto, scelte tecniche e finalità espressive dell'architettura. L'alto profilo promosso dalla committenza ha richiesto un apporto specialistico inteso a coniugare le esigenze architettoniche di trasparenza con livelli di prestazione energetica e comfort ambientale interno molto elevati, in linea con gli attuali standard internazionali, definendo le soluzioni costruttive sino al dettaglio tecnologico.

Facade Engineering e Performative Design. Due approcci innovativi per la progettazione integrata

Il tema dell'involucro, e in particolare la facciata, costituisce da sempre uno dei principali ambiti di ricerca della Progettazione Tecnologica Ambientale. Soprattutto negli ultimi anni, alla luce di una accresciuta coscienza ambientale, e di una normativa sempre più stringente², il progetto di involucro è divenuto centrale per perseguire e controllare i caratteri prestazionali ed una reale integrazione nell'attività progettuale, nella consapevolezza che il paradigma della sostenibilità, seppur abusato, trascende i confini disciplinari dinamica-

Il tema dell'involucro, e in particolare la facciata, costituisce da sempre uno dei principali ambiti di ricerca della Progettazione Tecnologica Ambientale. Soprattutto negli ultimi anni, alla luce di una accresciuta coscienza ambientale, e di una normativa sempre più stringente², il progetto di involucro è divenuto centrale per perseguire e controllare i caratteri prestazionali ed una reale integrazione nell'attività progettuale, nella consapevolezza che il paradigma della sostenibilità, seppur abusato, trascende i confini disciplinari dinamica-

Performative design and quality of architecture. Façade Engineering for IBM Headquarters in Rome

Abstract. The new IBM Headquarters represents an applied research experience carried out in collaboration between Sapienza's PDTA Department and Technische Universität München. The technological culture has played a key role in the innovation of the traditional integrated design process, providing know-how necessary for the development of technical-performance solutions, thus ensuring objectives in line with current international standards. The consulting activity on *Facade Engineering* with energy-environmental studies and the detailed design of the building's façade features has allowed to combine performance targets and architectural quality, respect scheduled timing and budget, helping to attract the investments of a multinational such as IBM.

Keywords: *Façade Engineering*; Transparent Shell; Economic Sustainability; *Performative Design*; Integrated Design.

Introduction

The aim of the contribution is a critical illustration of a significant experience of *Façade Engineering* and applied research that led in a few months to the realization of a relevant architectural workpiece for the tertiary sector in Rome, succeeding, through the executive project and the technological design of original elements and construction components, to maintain the coherence between planning idea and architecture realization. This is the new IBM Headquarters in Rome: a directional complex of ca. 12,000 square meters consisting of three buildings connected by a basement for customer service and reception, and walkways at different levels. The architectural concept, in line with IBM's mission, was based on flexibility, fluidity and dynamism. The result is a coherent architectural language with respect to

the functional organization of the interior spaces and the external image. The completely transparent shell is characterized by a strong horizontality emphasized by the continuous screening elements integrated in the façade system (for approximately 9,500 square meters; Fig. 1).

The experimental research activity, coordinated by the Sapienza working group with the advice of the Technische Universität München¹, represents an exemplary case of technological and environmental control of the design and construction process, highlighting the dialectic among the project's environmental setting, technical choices and expressive aims of architecture. The high profile promoted by the client has required a specialized contribution intended to combine the architectural requirements of transparency with high levels of energy performance and



internal comfort, in line with current international standards, defining the construction solutions up to the technological detail.

Façade Engineering and Performative Design. Two innovative approaches to integrated design

The issue of the building shell, and in particular the façade, has always been one of the main research areas of Environmental and Technology Design. Especially in recent years, in the light of an increased environmental awareness, and increasingly binding regulation², the façade project has become central for pursuing and controlling the performance characteristics, as well as a sustainability truly integrated within the design activity. The sustainability paradigm, while abused, transcends disciplinary boundaries dynamically, because it is based on the

relationships among different complex systems (Cangelli, 2014), in which the control of the whole thing takes place «through its components and vice versa [...] as a set of entities connected in an organized way» (Ciribini, 1984). Designers are therefore required to pursue the objective of creating buildings characterized by ever-increasing technical and energy requirements, which guarantee high performance, low environmental impact and comfort levels in line with current international standards, without running the risk of submitting the idea to the technique, but rather, proposing «a concrete utopia that tends to minimize the visionary component, that is speculative, and to maximize the concrete component, i.e. the technique» (Maldonado, 1970). The project «then becomes the tool to propose concrete physical and spatial models [...] useful for re-systematizing,

and visually figuring out, the interactions between technologies and speculative investigations. Thanks to its ability to synthesize and its creative nature, the project allows to produce the possible visions of evolution of the human environment» (Cangelli, 2014).

The case of the IBM Headquarters in Rome, represents an innovative case of applied research of Façade Engineering implemented by a specialized technological and environmental know-how able for coordinating all the technical and qualitative aspects at the base of a strongly identified architectural image characterized by total transparency.

The Façade Engineering has become an essential component of the integrated design aimed at the realization of contemporary interventions where the definition of a dynamic shell model, understood as the membrane

that regulates internal comfort, contributes to the reduction of the building's energy needs, making it strictly dependent from external climatic and environmental conditions and increasing their ability to vary conformation in relation to the need to regulate the flow of thermal energy, light, sound passages (Sala, 2011).

The design challenge has been therefore the proposal of an innovative solution for the combination of transparency and energy efficiency, almost an oxymoron for the Roman climatic context, in which the problem of summer cooling of a completely transparent building cannot prescind from a decisive and onerous contribution traditional plant engineering. The aspects that contributed to defining the sustainability character of the intervention were checked, validated and implemented with simulation tools,

mente, perché basato sulle relazioni tra diversi sistemi complessi (Cangelli, 2014), in cui il controllo del tutto avviene «attraverso le sue componenti e viceversa [...] come un insieme di entità connesse tra loro in modo organizzato» (Ciribini, 1984).

Ai progettisti è quindi richiesto di realizzare edifici caratterizzati da performance sempre maggiori, che garantiscano alte prestazioni, basso impatto ambientale e livelli di comfort coerenti agli standard internazionali, senza correre il rischio di sottomettere l'idea alla tecnica, ma piuttosto, prospettando un'utopia concreta che tenda a minimizzare la componente utopica, cioè speculativa, e a massimizzare la componente concreta, cioè la tecnica (Maldonado, 1970). Il progetto «diventa allora lo strumento per proporre modelli fisici e spaziali concreti [...] utile per ri-sistemizzare, e figurare visivamente, le interazioni tra le tecnologie e le indagini speculative. Grazie alla sua capacità di sintesi e alla sua natura creativa, il progetto consente di produrre le possibili visioni di evoluzione dell'ambiente dell'uomo» (Cangelli, 2014). Si tratta di una visione più ampia in cui l'approccio olistico e tecnico è utile per conciliare l'istanza di realizzare edifici sostenibili con programmi funzionali e budget sempre più impegnativi in un mercato globale e mutevole. In tal senso, l'IBM Headquarters, mostra come la ricerca applicata di *Facade Engineering*, implementata da uno know-how specialistico, tecnologico e ambientale, consenta di coordinare tutti gli aspetti tecnici e qualitativi alla base di un'immagine architettonica fortemente identitaria e caratterizzata da totale trasparenza.

Il *Facade Engineering* è divenuta una componente essenziale della progettazione integrata finalizzata alla realizzazione di interventi contemporanei dove la definizione di un modello di involucro dinamico, inteso come la membrana che regola il comfort

interno, contribuisce alla riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio, rendendolo strettamente dipendente dalle condizioni climatico-ambientali esterne e incrementandone la capacità di variare conformazione in relazione alla necessità di regolare i flussi di energia termica, luminosa, sonora passanti (Sala, 2011). La sfida progettuale è stata dunque proporre una soluzione innovativa per il binomio trasparenza-efficienza energetica, quasi un ossimoro per il contesto climatico romano, nel quale il problema del raffrescamento estivo di un edificio completamente trasparente non può prescindere da un deciso quanto oneroso contributo impiantistico di tipo tradizionale. Gli aspetti che hanno contribuito a definire il carattere di sostenibilità dell'intervento sono stati controllati, validati ed implementati con gli strumenti di simulazione, applicando i metodi del "*Performative Design*", il cui impatto risulta sempre più decisivo nel definire non solo la forma degli edifici, ma anche la forma della pratica e i metodi di progettazione (Naboni, 2013). La simulazione viene utilizzata come strumento a supporto della prima fase decisionale, del concept architettonico ed energetico, e successivamente supporta le soluzioni progettuali specifiche di dettaglio attraverso l'approfondimento tecnologico e l'*energy modelling*.

La simulazione predittiva rappresenta uno strumento ormai consolidato a supporto della progettazione, sia in fase decisionale, sia per la successiva validazione delle diverse soluzioni specifiche. In questo processo il ruolo del consulente assume un'importanza strategica nel fornire supporto alla decisione, ampliando ed innovando i tradizionali temi della progettazione esecutiva. L'insistente penetrazione nel processo, attraverso nuove applicazioni digitali BIM, ha permesso di operare una informatizzazione di tutti i parametri della progettazione archi-

applying the "Performative Design" methods, whose impact is increasingly decisive in defining not only the shape of the buildings, but also the form of the practice and the design methods (Naboni, 2013). The simulation is used as a tool to support the first decision-making phase, the architectural and energy concept, and subsequently supports the specific detailed design solutions through technological deepening and energy modelling.

The predictive simulation tools represent a consolidated mean to support the design in the decision phase, and subsequently for the validation of different specific solutions. In this process the role of the consultant assumes a strategic relevance in providing support to the decision, expanding and innovating the traditional themes of executive design. The systemic diffusion of new digital applications (i.e. BIM

design), has allowed to operate a computerization of all the parameters of the architectural design³. This encourages, from the beginning of the project, the examination of a wide range of strategies, parameters and performances in accordance with other more traditional aspects of the project. The need to guarantee full competence in all areas fosters the integrated design model.

Methodology applied at the design experimentation

The design of the façade, intended as a physical barrier of the building envelope, with the related performance analysis, was characterized by the fact that specialized inputs were, at any time, subject to analysis, verification and validation in real time, paying attention to the environmental energy issue already in the early stages. The

applied research activity was organized step by step, implementing content and solutions in continuous collaboration between the members of the design team and the research units, under the supervision of the General Contractor. The design was led by the Sapienza researchers, and saw periodic confrontation with the TUM specialists for aspects of indoor comfort and plant integration (energy supply).

The methodological proposal is based on the complex approach of integrated performance design, based on a multidisciplinary know-how capable of triggering a virtuous cycle of improvement contributions by the actors involved and of increasing the overall quality of the building, the proposed technological solutions; as well as the use of tools such as Information Modelling. All these factors are able to define strategies for an efficient and effective use of

resources, a total synergy between architectural language, optimal sizing of the systems, user interoperability and cost containment of construction and operation.

The Façade Engineering consultancy activity has been organized in three phases:

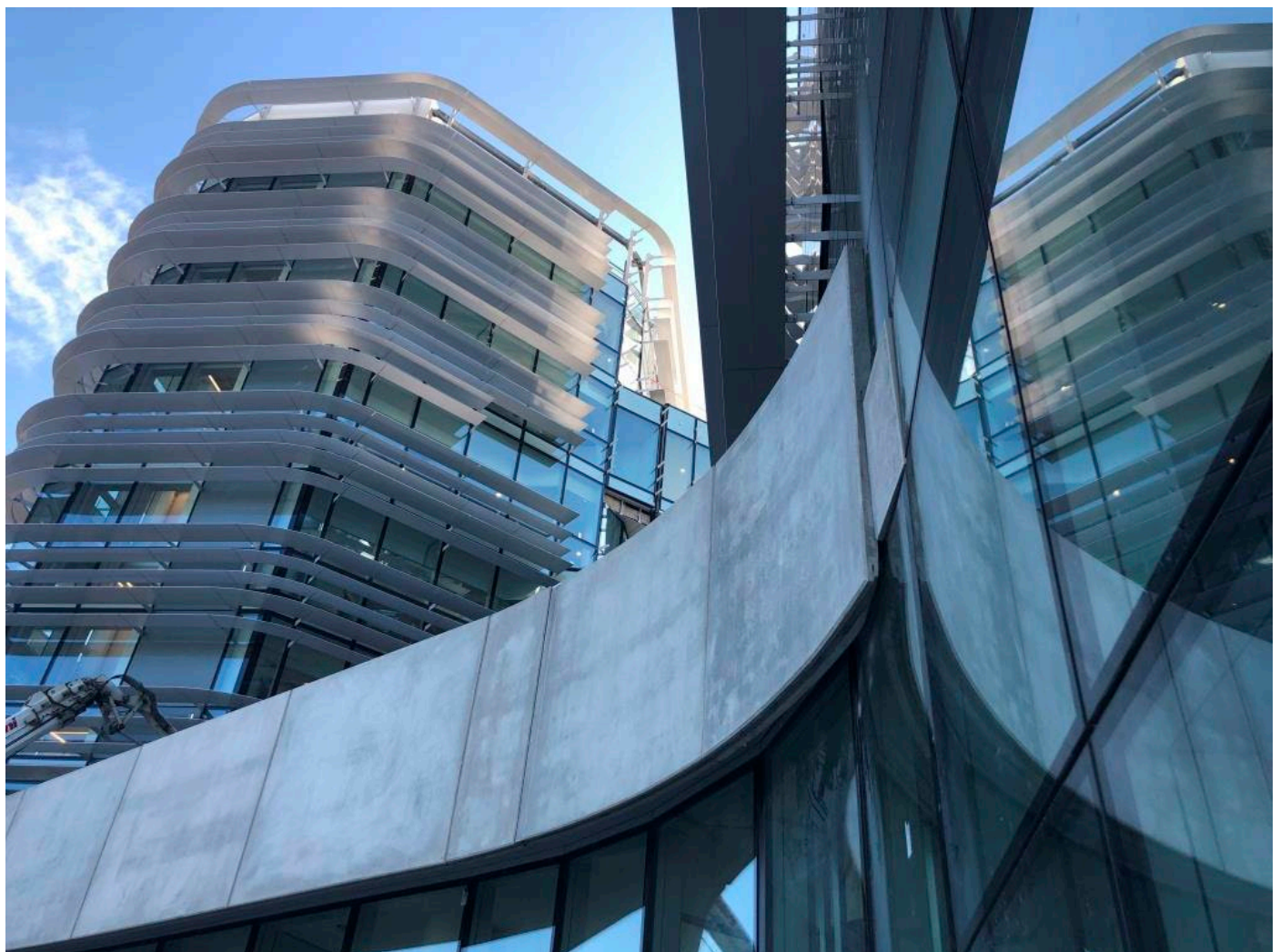
1. *discovery phase*: definition of the general morphology through preliminary environmental and energy simulations to develop an architectural concept coherent with the climatic context and performance objective;
2. *implementation phase*: verification and validation of the sensitive parameters that have led the development of the design phase, technological solutions and performance levels, in terms of energy, acoustic and indoor environmental comfort (lighting and ventilation), fire

ettonica³. Questo incoraggia, fin dall'inizio del progetto, l'esame di una vasta gamma di strategie, parametri e prestazioni in conformità con altri aspetti più tradizionali del progetto, e favorisce il modello integrato di progettazione, in cui è necessaria la piena competenza su tutti gli ambiti.

Metodologia applicata nella sperimentazione

La progettazione di facciata dell'edificio in esame, intesa come barriera fisica dell'involucro, con la relativa analisi prestazionale, è stata caratterizzata dal fatto che gli input specialistici sono stati, in ogni momento, oggetto di analisi, verifica e validazione in tempo reale, ponendo attenzione al tema energetico ambientale già nelle prime fasi. L'attività di ricerca applicata è stata organizzata *step by step*, implementando contenuti e soluzioni in continua collaborazione

tra i componenti del gruppo di progettazione e le unità di ricerca, con la supervisione del General Contractor. La progettazione è stata guidata dai ricercatori di Sapienza, e ha visto momenti di confronto periodici con gli specialisti della TUM per gli aspetti del comfort indoor e della integrazione impiantistica (*energy supply*). La proposta metodologica si basa sull'approccio complesso della progettazione integrata prestazionale (*Performative Design*), fondato su un *know how* multidisciplinare in grado di innescare un ciclo virtuoso di contributi migliorativi da parte degli attori coinvolti capace di incrementare la qualità globale dell'edificio e delle soluzioni tecnologiche proposte; nonché sull'impiego di strumenti come l'*Information Modelling*, in grado di definire strategie al servizio di un uso efficiente ed efficace delle risorse, e di una totale sinergia tra linguaggio architettonico, dimensionamento ottimale degli impianti, interoperabilità



| 02

dell'utente e contenimento dei costi di costruzione ed esercizio. L'attività di consulenza sul *Facade Engineering* è stata organizzata in tre fasi:

1. *discovery phase*: definizione della morfologia generale attraverso simulazioni ambientali ed energetiche preliminari per elaborare un concept architettonico coerente con contesto climatico e obiettivo prestazionale;
2. *implementation phase*: verifica e validazione dei parametri sensibili che hanno indirizzato lo sviluppo della fase di progettazione, delle soluzioni tecnologiche e dei livelli prestazionali, in termini energetici, acustici, di comfort ambientale interno (illuminazione e ventilazione), antincendio, di igiene ambientale e di resistenza meccanica e sicurezza d'uso;
3. *development phase*: la sintesi delle valutazioni svolte nelle fasi precedenti è confluita nelle scelte tecniche finali, nel capitolato generale di appalto e negli elaborati grafici esecutivi e costruttivi di dettaglio. Il confronto con la realtà imprenditoriale (tecnici sistemisti e produttori di vetro) ha permesso di sviluppare e sperimentare le soluzioni tecnologiche ad hoc più adeguate per il progetto.

Discovery phase

Nella prima fase (*discovery phase*), è stata utilizzata una procedura ormai consolidata, che ha avuto come oggetto, in un primo momento, la valutazione di diverse alternative morfologiche attraverso l'analisi del contesto climatico, dell'orientamento e del soleggiamento mediante strumenti di simulazione predittiva⁴. La configurazione planimetrica e dei prospetti, infatti, contribuisce in maniera determinante all'aumento dell'efficienza energetica, rispetto ai vari sistemi: HVAC, di illumi-

protection, environmental hygiene, mechanical resistance and safety of use;

3. *development phase*: the summary of the assessments carried out in the previous phases has been included in the final technical choices, in the general tender specifications and in the detailed executive and construction drawings. The dialogue with the specialized suppliers (façade system technicians and glass producers) allowed to develop and test the most appropriate technological solutions for the project.

Discovery phase

In the first phase (*discovery phase*), a well-established procedure was used, which had as its object, at first, the evaluation of different morphological alternatives through the analysis of the climatic context, orientation and

sunshine through predictive simulation tools⁴. A target floor plan and elevation should be able to effectively ensure energy efficiency, with respect to the various systems: HVAC, lighting, [...] with a greater or lesser degree of refinement, or concealed behind a sophisticated hi-tech outer (Cangelli, Fais, 2012).

The general morphology of the complex was evaluated taking into particular consideration the climatic variables of the sun and wind, in order to assess, depending on the orientation and height of the three buildings, the conditions of environmental comfort of the courtyards in the basement (patios), the incidence and solar accessibility of façades and roofs. The second step was based on the verification and design of the shielding system, as a highly characterizing element, whose The morphology of the

nazione, [...] con un grado maggiore o minore di raffinatezza tecnologica, o con una sofisticata pelle esterna hi-tech (Cangelli and Fais, 2012).

La morfologia generale del complesso è stata valutata tenendo in particolare considerazione le variabili climatiche del sole e del vento, al fine di valutare, in funzione dell'orientamento e dell'altezza dei tre corpi di fabbrica, le condizioni di comfort ambientale degli spazi aperti del basamento (patii), l'incidenza e l'accessibilità solare delle facciate e delle coperture.

Il secondo momento ha visto la verifica e la progettazione del sistema di schermatura, quale elemento fortemente caratterizzante, la cui morfologia è stata oggetto di un confronto costruttivo su quale andamento ed inclinazioni sarebbero stati più idonei per rispondere agli obiettivi progettuali, ottimizzando le voci di spesa. È stata eseguita una prima valutazione su schermature fisse di tipo verticale, le cui simulazioni non hanno garantito livelli di efficienza elevati. L'eventuale utilizzo di meccanismi roto-traslanti degli elementi verticali, d'altra parte, avrebbe aumentato l'efficienza del sistema, ma anche i costi realizzativi e gestionali. Soluzioni con inclinazioni diversificate per ogni orientamento avrebbero garantito un'efficienza maggiore, ma causato una disomogeneità percettiva dall'interno con una forte disparità tra le tipologie di ambienti, in contrasto con la volontà di avere spazi che in tutti gli edifici potessero trarre l'esterno e godere il più possibile di luce naturale. Si è quindi optato per un sistema di schermatura con lamelle fisse ad andamento orizzontale lungo tutto il perimetro degli edifici, con passo e profondità diversificati, e un profilo studiato ad hoc. Dalle simulazioni effettuate, infatti, il sistema orizzontale ha dimostrato di saper rispondere meglio ai picchi di irraggiamento estivi dei

shielding elements was the subject of a constructive comparison on which trend and inclination would have been more suitable to respond to the design objectives, optimizing the expense items. It was performed a first evaluation on vertical fixed screens, whose simulations did not guarantee high efficiency levels. The possible use of roto-translating mechanisms of the vertical elements would have increased the efficiency of the system, but also the construction and management costs. Solutions with different inclinations for each orientation would have guaranteed greater efficiency, but caused a perceptive inhomogeneity from the inside with a strong disparity between the types of environments, in contrast with the desire to have spaces that in all the buildings could look outward and enjoy natural light as much as possi-

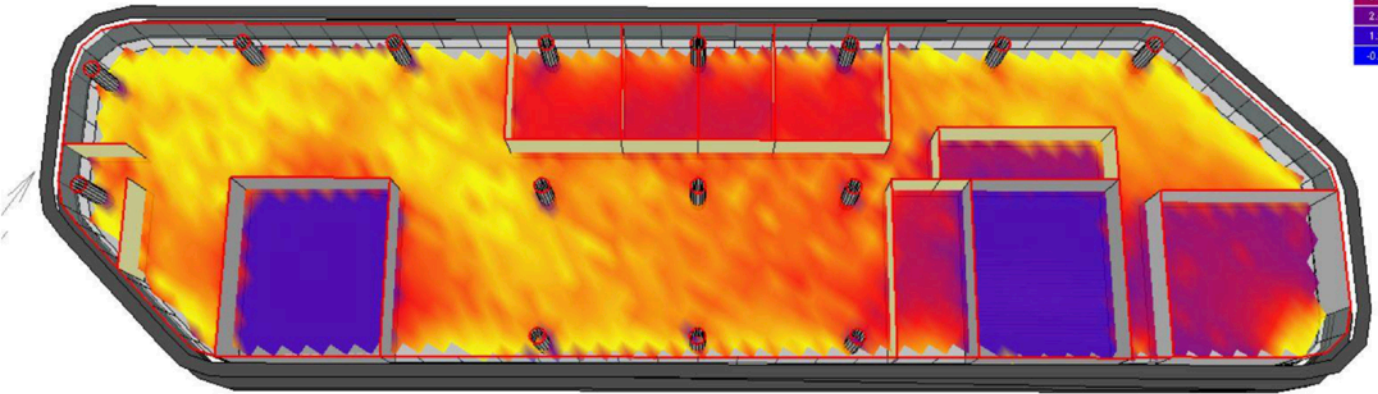
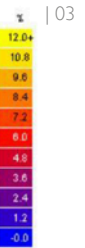
ble. The choice was therefore directed towards a shielding system with fixed horizontal blades along the entire perimeter of the buildings, with diversified pitch and depth, and a specific designed profile. From simulations carried out, in fact, the horizontal system has demonstrated the ability to respond better to summer radiation peaks in the southeast and southwest fronts, ensuring adequate levels of protection in the other exposures.

Implementation phase

The next phase (*implementation phase*) was preparatory to define the technological characteristics and performance levels that the enclosure system should have achieved in terms of energy, noise, indoor environmental comfort (lighting and ventilation), fire protection, environmental hygiene, mechanical resistance and safety of

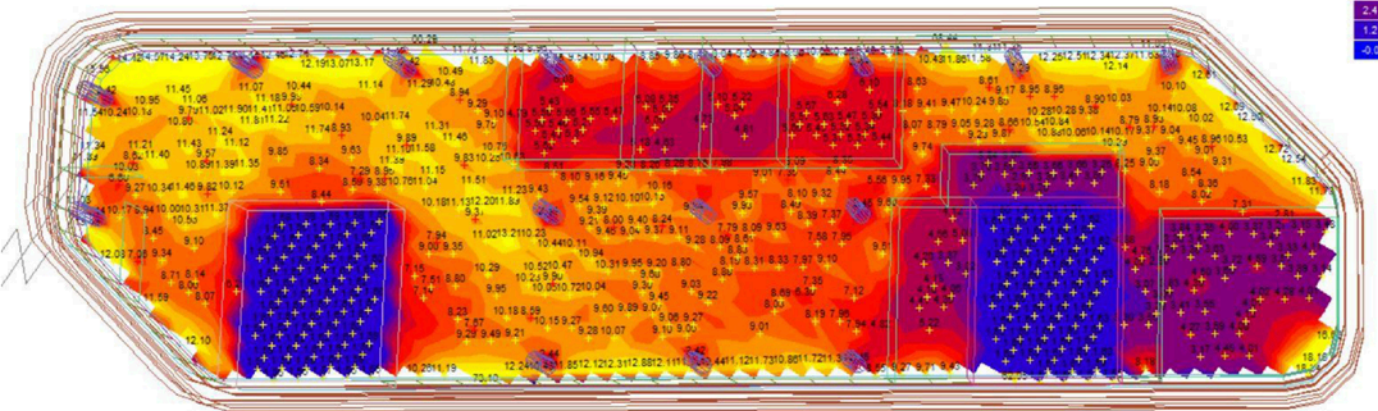
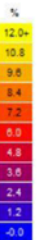
Daylight Analysis

Daylight Factor
 Value Range: 0.0 - 12.0 %
 (c) ECOTECH v5



Daylight Analysis

Daylight Factor
 Contour Range: 0.0 - 12.0 %
 In Steps of: 1.0 %
 © ECOTECH v5



VALORI DI PROGETTO

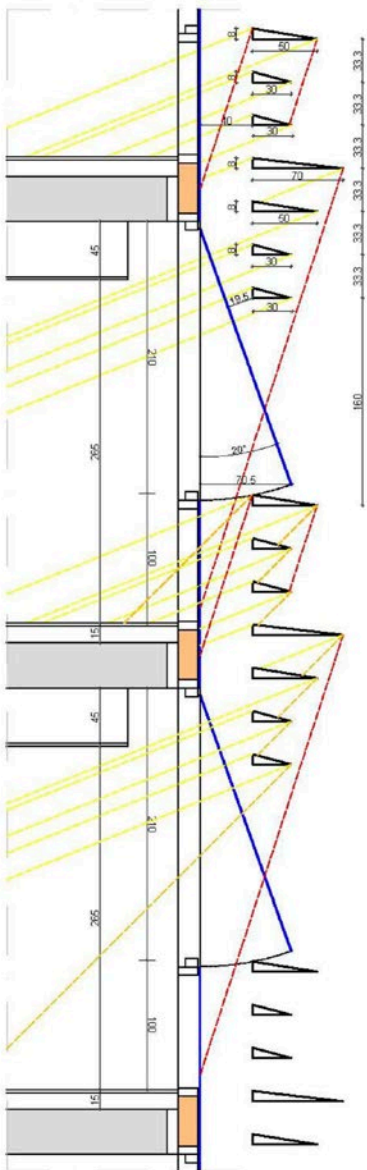
Fattore di Luce Diurna FLD	< 1 % molto basso	1 – 2 % basso	2 – 4 % moderato	4 – 7 % medio	7 – 12 % elevato	> 12 % molto elevato
Zona considerata	Zona lontana dalle finestre, distanza da 3 a 4 volte l'altezza delle finestre			In prossimità delle finestre o sotto il lucernario		
Impressione di luminosità	Da buio a poco luminoso		Da poco luminoso a luminoso		Da luminoso a molto luminoso	
Atmosfera	L'ambiente sembra chiuso su se stesso			L'ambiente si apre verso l'esterno		

fronti sud-est e sud-ovest, garantendo adeguati livelli di protezione nelle altre esposizioni.

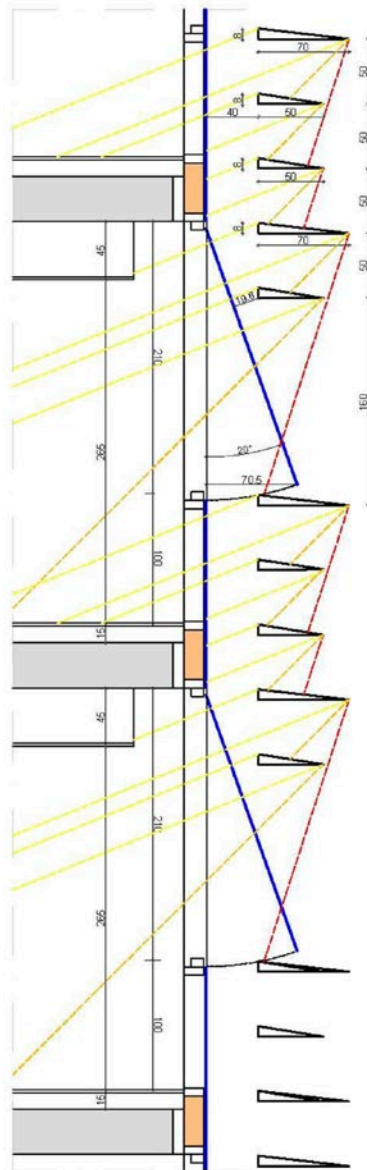
Implementation phase La fase successiva (*implementation phase*) è stata propedeutica per definire i caratteri tecnologici e i livelli prestazionali che il sistema di involucro avrebbe dovuto raggiungere in termini energetici, acustici, di comfort ambientale indoor (illuminazione e

ventilazione), antincendio, di igiene ambientale e di resistenza meccanica e sicurezza d'uso, in coerenza con i requisiti normativi riferiti alle facciate continue⁵. Lo studio è stato focalizzato in particolare sulla valutazione di diverse alternative concernenti la tipologia della struttura della facciata continua, le caratteristiche dei vetri e i sistemi di schermatura. La notevole incidenza dell'involucro⁶ nella sostenibilità economica complessiva dell'intervento ha reso necessaria un'analisi costi-benefici tra le

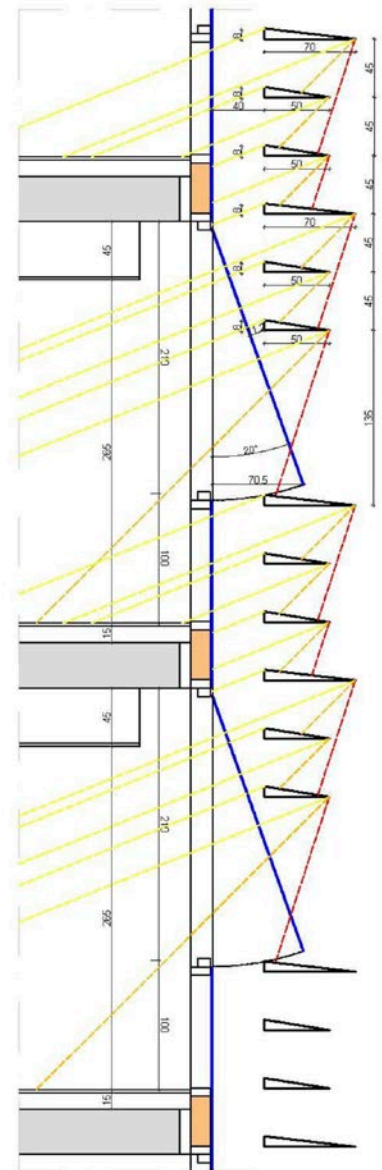
04 | Schermatura progetto definitivo 7 lamelle per piano
passo 35 cm. L 70-50-30 cm



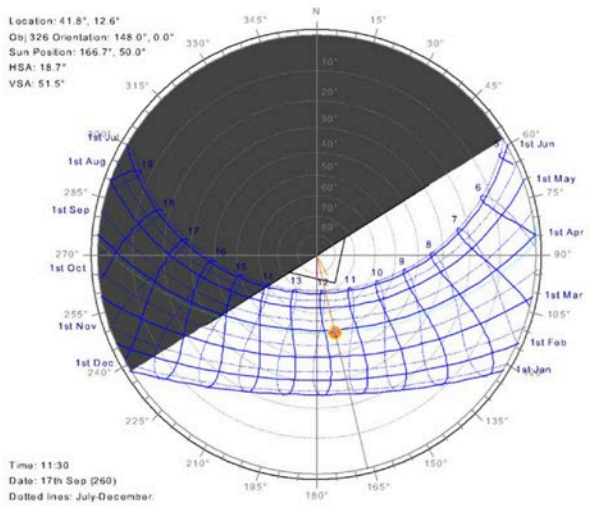
Schema di schermatura 5 lamelle per piano
passo 50 cm. L 70-50 cm



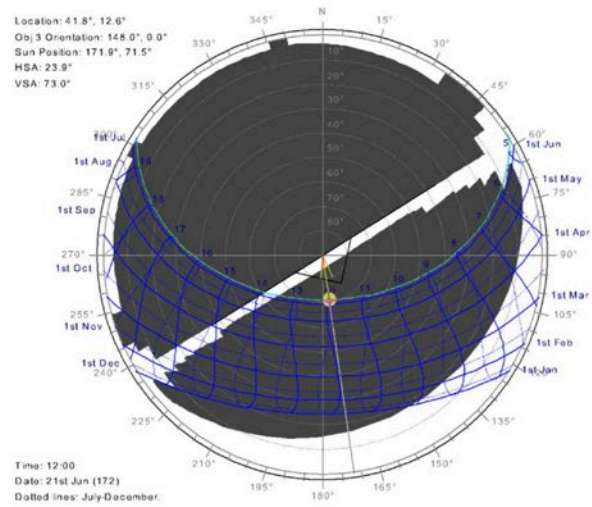
Schema di schermatura 6 lamelle per piano
passo 45 cm. L 70-50 cm



Analisi modello senza schermature

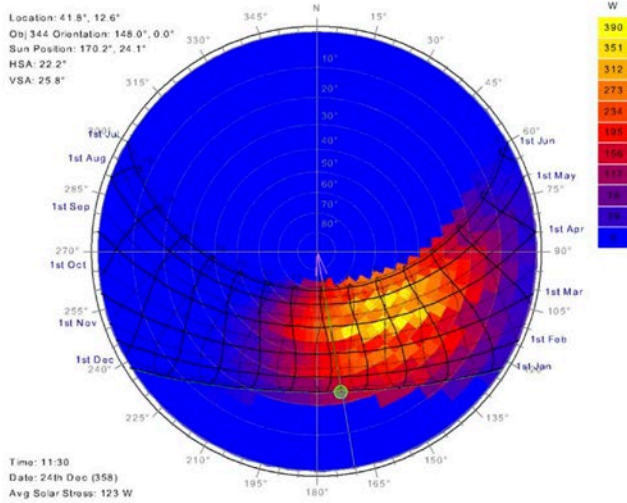


Analisi modello con schermature



| 05

Maschera di Ombreggiamento - Overshading



Maschera di Ombreggiamento - Overshading

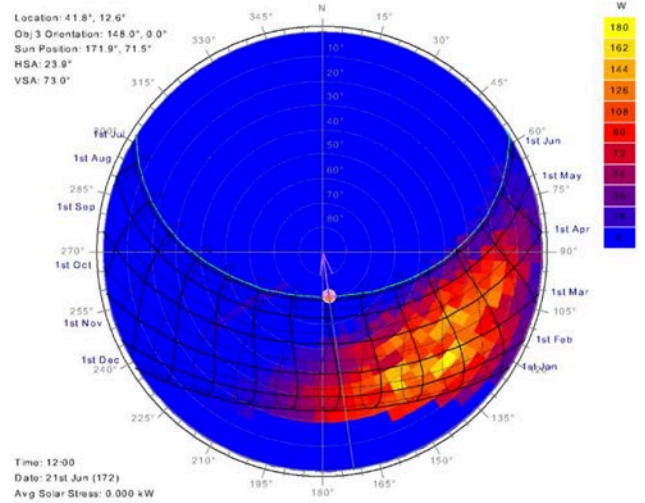


Diagramma dei valori di potenza incidente - Solar stress

Diagramma dei valori di potenza incidente - Solar stress

use, in accordance with regulatory requirements related to the continuous façades⁵. The study focused in particular on the evaluation of different alternatives concerning the type of curtain wall structure, the characteristics of the glass and the shielding systems. The considerable incidence of the envelope⁶ in the overall economic sustainability of the intervention has made it necessary to carry out a cost-benefit analysis between the different types of curtain walls, in particular between the completely prefabricated cell system and the mullion and transom system installed on-site. The latter, with the same performance, despite the slightly longer realization

times, appeared the most suitable solution for the morphology of the building and for the containment of the construction costs and organization of the site. Particular attention was given to the analysis of the Daylight Factor in the office spaces, in order to verify the different hypotheses of the shielding system configuration and which was the most suitable percentage of spandrel façade to maximize the natural lighting of the rooms and guarantee the control of solar radiation (Fig. 3). The study of direct incident solar radiation was aimed at evaluating the interaction between the incidence angles of solar rays and the technological

solutions of shielding, in order to define geometry, pitch and morphology. The purpose was to obtain a significant reduction in the effects of overheating in the warmer months and taking into account the aesthetic and formal features of the architectural design (Fig. 4). The chosen solution was a system of horizontal wedge-shaped lamellae with variable depth (70 and 50 cm), spaced apart by 40 cm from the glass façade, with a step height of 50 cm. The over-shading and solar stress studies, together with the solar exposure diagrams, and specific simulations in greater peak days for the different exposures, have confirmed that the shielding pattern assumed in

the first stage was able to respond to the reduction of direct solar radiation requirements on the façade, as well as of overheating in the most critical periods (Fig. 5). The type of glass was the subject of study and placed at the centre of the technical table due to its incidence in defining the aesthetic and performance quality of the project, in addition to representing a decisive item of expenditure in budget control. The factors that most influenced the choice of the type of glass were energy efficiency and the quality of natural light transmission⁷. The efficiency of the enclosure system has been tested for the four main exposures comparing the configuration with and without

diverse tipologie di facciata continua, in particolare tra il sistema completamente prefabbricato a cellule e il sistema a montanti e traversi montato in opera. Quest'ultima, a parità di prestazioni, nonostante i tempi realizzativi leggermente maggiori, è apparsa la soluzione più idonea per la morfologia dell'edificio e per il contenimento dei costi realizzativi e di organizzazione del cantiere. Particolare attenzione è stata riservata all'analisi del Fattore di Luce Diurna negli spazi degli uffici, al fine di verificare le diverse ipotesi di configurazione del sistema di schermatura e quale fosse la percentuale di facciata spandrel più idonea per massimizzare l'illuminazione naturale degli ambienti e garantire il controllo della radiazione solare (Fig. 3).

Lo studio sulla radiazione solare diretta incidente è stato finalizzato a valutare l'interazione tra gli angoli di incidenza dei raggi solari e le soluzioni tecnologiche di schermatura, al fine di definirne geometria, passo e morfologia, per ottenere una riduzione significativa degli effetti di surriscaldamento nei mesi più caldi e tenendo conto delle caratteristiche estetico-formali del progetto architettonico (Fig. 4). Ci si è quindi orientati verso un sistema a lamelle orizzontali a cuneo con profondità variabile (70 e 50 cm), distanziate di 40 cm dalla facciata vetrata, con passo in altezza di 50 cm.

Gli studi relativi a *overshading* e solar stress, unitamente ai diagrammi dell'esposizione solare, e a simulazioni specifiche nei giorni di maggior picco per le diverse esposizioni, hanno confermato che lo schema di schermatura ipotizzato nella prima fase era in grado di rispondere ai requisiti di riduzione dell'incidenza della radiazione diretta sulla facciata e dei fenomeni di surriscaldamento nei periodi più critici (Fig. 5). Il tipo di vetro è stato oggetto di studio e posto al centro del tavolo tecnico per la sua incidenza nella definizione della qualità estetica e prestazionale

shielding system (Fig. 6), with particular attention to the irradiation conditions of some portions of the façade characterized from the architectural point of view by openings and thinning in the shielding system, with variable geometry, so that these distinctive signs would not compromise the overall and punctual performance of the transparent shell.

Development phase

In the last phase of the design (*development phase*), the indications coming from the previous studies have been included in the final choices included in the general tender specifications and in the executive drawings. The in-depth specialized work carried out with window technicians and glass producers has allowed to work on very detailed technical specifications. The detailed design calibrated to the project performance during the previous

strategic decision moment, has been decisive to allow the General Contractor to maintain a constant control of quality at every stage of the construction.

The specialist contribution was decisive in defining the quality level of the project from the concept to the final design, thus allowing in a short and predetermined time to maintain it in the on-site construction, and to materialize a building with a contemporary design with the high-performance levels envisaged in the initial stages.

The integrated design has avoided the variations during construction and limited the traditional needs of local emergency interventions, too open to occasional solutions and design exceptions.

Conclusions

The design path illustrated here is a proof of the validity of the integrated

del progetto, oltre a rappresentare una voce di spesa decisiva nel controllo del budget. I fattori che maggiormente hanno influenzato la scelta del tipo di vetro sono stati l'efficienza energetica e la qualità della trasmissione della luce naturale⁷. L'efficienza del sistema di involucro è stata testata per le quattro esposizioni principali paragonando la configurazione con e senza elementi schermanti (Fig. 6), ponendo particolare attenzione alla verifica delle condizioni di irraggiamento di alcune porzioni di facciata caratterizzate dal punto di vista architettonico da aperture e diradamenti nel sistema di schermatura, dalla geometria variabile, affinché questi segni distintivi non andassero a compromettere le prestazioni globali e puntuali dell'involucro trasparente.

Development phase

Nell'ultima fase della progettazione (*development phase*), le indicazioni provenienti dagli studi precedenti sono confluite nelle scelte finali inserite nel capitolato generale di appalto e negli elaborati grafici esecutivi. L'approfondito lavoro specialistico effettuato con i tecnici serramentisti e i produttori di vetro ha permesso di lavorare su specifiche tecniche molto dettagliate e calibrate sulle performance di progetto, anticipando il momento di decisione strategica in maniera determinante per permettere al *General Contractor* di mantenere il controllo costante della qualità della realizzazione in ogni fase del cantiere. Dal concept al progetto definitivo il contributo specialistico è stato determinante per definire il livello qualitativo del progetto a base di gara e mantenerlo poi nella realizzazione nel cantiere che, in tempi rapidi e prestabiliti, è riuscito a concretizzarsi in un edificio dal design contemporaneo in coerenza con l'ottimo livello prestazionale prospettato nelle fasi iniziali. La progettazione integrata ha

design process implemented by the contribution of knowledge and applied research carried out in the academic field in particular by the technological area. The design and technical know-how have been continuously supported by the possibilities offered by the new Information Modelling tools, which are decisive in the environmental energy analyses performed constantly for the validation of each single step. The close exchange of feedback between architects, structural engineers and plant engineers made it possible to increase the level of the executive planning beyond the traditional standards.

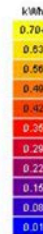
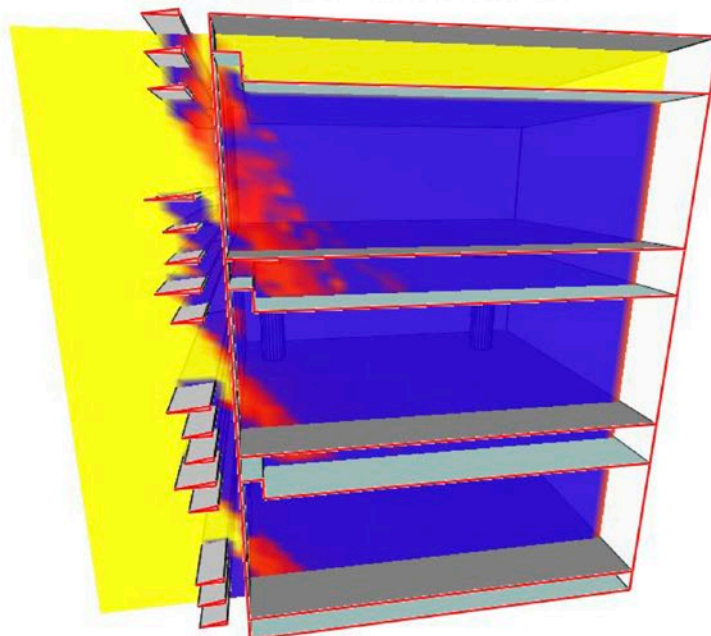
The high quality required has necessarily raised the targets of innovation and expertise provided by all the professionals involved, proving the need for specialist consultants already in the early stages.

The results show the optimal efficacy/efficiency ratio over time due to the anticipated decision-making process, and above all emphasize the strategic importance of the specialist know-how, crucial in the pursuit of quality and performance standards characters capable of attracting investment by a multinational such as IBM. The construction site was fast and efficient: a closed and controlled executive documentation made it possible to move most of the off-site works and avoid variations during the work. During on-site, therefore, it has been possible to limit accidents and complete the work within the pre-set time (18 months).

The general contractor was able to optimize the resources at its disposal working efficiently and coordinating subcontractors without leaving indeterminate points that could compro-

Insolation Analysis
Peak Radiation
 Value Range: 0.01 - 0.70 kWh
 (c) ECOTECT v5

Analisi modello con schermature

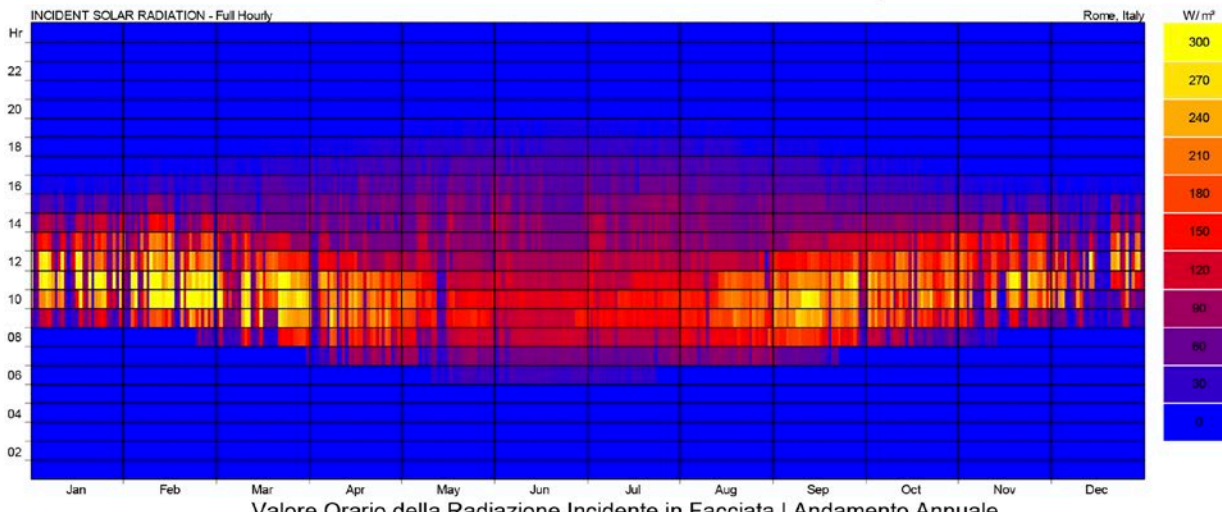


Sezione Tipo nel giorno critico (7 agosto)

INCIDENT SOLAR RADIATION - Average Daily Rome, Italy

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	2.34557	14.3989	28.8963	29.898	25.7123	15.042	5.85790	0	0	0
16	9.99521	26.448	78.0627	95.2136	98.9907	88.2435	68.493	41.9983	28.0176	7.84863	0	0
14	87.2745	97.2891	93.8933	87.5301	79.0282	82.8412	90.2003	75.1023	76.1941	83.7678	94.567	59.9395
12	122.081	160.943	148.946	77.0778	84.1701	82.8745	94.8567	79.4444	115.18	123.604	125.506	99.1905
10	179.858	193.691	162.689	134.188	99.4189	103.559	116.294	121.56	177.315	187.337	161.053	138.29
08	191.023	245.939	216.503	194.21	153.807	113.386	115.358	158.63	214.286	202.6	187.36	127.33
06	137.368	260.009	214.906	196.764	179.168	133.87	157.869	188.468	253.68	183.392	155.49	74.7888
04	78.9791	138.073	188.048	174.01	165.005	133.338	153.338	191.677	213.491	156.848	94.2398	41.4431
02	0	0	91.4859	120.265	126.712	122.402	113.475	132.786	148.764	72.9889	0	0
00	0	0	0	84.1199	72.8186	74.0223	66.995	81.2954	40.2907	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Valore Orario Medio Giornaliero della Radiazione Incidente in Facciata | Andamento Annuale



evitato le varianti in corso d'opera e limitato le tradizionali necessità di interventi locali d'emergenza, troppo aperte a soluzioni occasionali e deroghe progettuali.

Conclusioni

Il percorso progettuale qui illustrato costituisce una prova della validità del processo di progettazione integrata implementata dal contributo di conoscenza e ricerca applicata portate avanti in ambito accademico in particolare dall'area tecnologica. La progettazione ed il know-how tecnico sono state supportate continuamente dalle possibilità offerte dai nuovi strumenti di *Information Modelling*, determinanti nelle analisi energetico ambientali eseguite costantemente per la validazione di ogni singolo step. Lo stretto scambio di feedback avuto tra architetti, impiantisti e strutturisti ha permesso di incrementare il livello della progettazione esecutiva oltre lo standard tradizionale. L'alta qualità richiesta ha necessariamente innalzato i target di innovazione e competenza fornita da tutti i professionisti coinvolti, provando la necessità di consulenti specialisti già nelle prime fasi. I risultati ottenuti infatti evidenziano l'ottimale rapporto efficacia/efficienza nel tempo dovuto al processo decisionale anticipato, e soprattutto sottolineano l'importanza strategica del know-how specialistico, determinante nel perseguire standard qualitativi e caratteri prestazionali capaci di attrarre investimenti da parte di una multinazionale come IBM.

Il cantiere è stato rapido ed efficiente: una documentazione esecutiva chiusa e controllata ha consentito di spostare la maggior parte delle lavorazioni *off-site* ed evitare varianti in corso d'opera. In fase *on-site*, quindi, è stato possibile limitare gli imprevisti e completare l'opera nei tempi prefissati (18 mesi). Il *General Contractor* ha potuto così ottimizzare le risorse a propria disposi-

tion of promoting and conducting applied research to be disseminated in peer review mode. The culture of "peer review" is becoming increasingly important and widespread in architecture, in order to implement standards, improve performance and provide credibility to a increasingly complex and specialized process. It is an irrefutable fact that the energy simulation and analysis of the parameters of sustainability have become a key part of the criteria for shaping the design of buildings. It is also true that the digital society offers the potential tools and information to support the whole new project. It's the time of Open Source. Design opens to dynamic and participatory processes, information data multiplies and determines a complexity that requires new management models «into a transparent, inclusive and bottom-up ecological system»

ziona lavorando in maniera efficiente e coordinando le imprese in subappalto senza lasciare punti indeterminati che potessero compromettere l'esito finale o incrementare tempi e costi di realizzazione. La sostenibilità globale dell'edificio è stata mantenuta e preservata ottimizzando ogni scelta con le risorse economiche a disposizione: le soluzioni tecniche proposte sono state sempre validate negli step continui di revisione con le possibilità offerte dal budget. La sostenibilità economica del progetto rappresenta la sintesi di tutti i caratteri prestazionali dell'edificio. La ricerca specialistica nell'ambito della Tecnologia dell'Architettura e nello specifico della Progettazione Ambientale ha avuto un ruolo strategico nell'attività di analisi e coordinamento delle strategie architettoniche e prestazionali. Il *know how* sviluppato in anni di ricerca permette di gestire l'ampia gamma di parametri richiesti dagli standard internazionali. Team integrati multidisciplinari, come nel caso illustrato, dimostrano la possibilità di promuovere e condurre la ricerca applicata da diffondere in modalità *peer review*. La cultura della "revisione paritaria" sta diventando sempre più importante e diffusa in architettura, al fine di implementare gli standard, migliorare le prestazioni e fornire la credibilità ad un processo sempre più complesso e specialistico. È un fatto inconfutabile che la simulazione energetica e l'analisi dei parametri di sostenibilità sia diventata una parte fondamentale dei criteri per modellare il design degli edifici. È altrettanto vero che la società digitale offre un potenziale di strumenti ed informazioni a supporto del progetto del tutto nuovo. È il tempo dell'Open Source. La progettazione si apre a processi dinamici e partecipativi, le informazioni si moltiplicano e determinano una complessità che necessita di nuovi modelli di gestione «in un sistema ecologico trasparente, inclusivo» (Ratti, 2014). Lo sviluppo progressivo della

zione lavorando in maniera efficiente e coordinando le imprese in subappalto senza lasciare punti indeterminati che potessero compromettere l'esito finale o incrementare tempi e costi di realizzazione. La sostenibilità globale dell'edificio è stata mantenuta e preservata ottimizzando ogni scelta con le risorse economiche a disposizione: le soluzioni tecniche proposte sono state sempre validate negli step continui di revisione con le possibilità offerte dal budget. La sostenibilità economica del progetto rappresenta la sintesi di tutti i caratteri prestazionali dell'edificio.

La ricerca specialistica nell'ambito della Tecnologia dell'Architettura e nello specifico della Progettazione Ambientale ha avuto un ruolo strategico nell'attività di analisi e coordinamento delle strategie architettoniche e prestazionali. Il *know how* sviluppato in anni di ricerca permette di gestire l'ampia gamma di parametri richiesti dagli standard internazionali. Team integrati multidisciplinari, come nel caso illustrato, dimostrano la possibilità di promuovere e condurre la ricerca applicata da diffondere in modalità *peer review*. La cultura della "revisione paritaria" sta diventando sempre più importante e diffusa in architettura, al fine di implementare gli standard, migliorare le prestazioni e fornire la credibilità ad un processo sempre più complesso e specialistico. È un fatto inconfutabile che la simulazione energetica e l'analisi dei parametri di sostenibilità sia diventata una parte fondamentale dei criteri per modellare il design degli edifici. È altrettanto vero che la società digitale offre un potenziale di strumenti ed informazioni a supporto del progetto del tutto nuovo. È il tempo dell'Open Source. La progettazione si apre a processi dinamici e partecipativi, le informazioni si moltiplicano e determinano una complessità che necessita di nuovi modelli di gestione «in un sistema ecologico trasparente, inclusivo» (Ratti, 2014). Lo sviluppo progressivo della

(Ratti, 2014). The progressive development of professional practice towards a more complex paradigm requires new roles and skills, more contained and effective management, seizing the opportunity made available by applied research and the digital revolution, pursuing the overall quality of the architectural project by innovating the space contemporary beyond the mere response to the material needs of the inhabitant user⁸.

NOTES

¹ The applied research activity was developed from 2016 to 2017 by the Sapienza working group coordinated by prof. Eliana Cangelli with the specialist contribution of prof. Gerard Hausladen of the Technische Universität München. The working group was set up by Ing. Arch. Francesco Antinori and by Arch. Michele Conteduca

for Sapienza and Ing. Elisabeth Endres and the Arch. Daniele Santucci for the Technische Universität München. The construction of the building began in June 2017 and ended in November 2018. From November 20, 2018 the new IBM Headquarters in Rome is operational and currently about 600 people work there.

² National and European regulations are based mainly on the recent Directive 2018/2001/EU on the promotion of the use of energy from renewable sources of 11 December 2018. The European Directive 31/2010 / EC completes the current regulatory framework for almost zero energy buildings NZEB.

³ With the Directive 2014/24/EU on Public Procurement of 26 February 2014, Building Information Modeling is introduced within the Procurement procedures of Member States.

pratica professionale verso un paradigma più complesso necessita di nuovi ruoli e competenze, di gestioni più contenute ed efficaci, cogliendo l'opportunità rese disponibili dalla ricerca applicata e dalla rivoluzione digitale, perseguendo la qualità globale del progetto di architettura innovando lo spazio contemporaneo oltre la mera risposta alle esigenze materiali dell'utente abitatore⁸.

NOTE

¹ L'attività di ricerca applicata è stata sviluppata dal 2016 al 2017 da un gruppo di lavoro di Sapienza coordinato dalla prof.ssa Eliana Cangelli con il contributo specialistico del prof. Gerard Hausladen della Technische Universität München. Il Gruppo di lavoro è stato costituito dall' Ing. Arch. Francesco Antinori e dall'Arch. Michele Conteduca per Sapienza e dall'Ing. Elisabeth Endres e dall'Arch. Daniele Santucci per la Technische Universität München. La costruzione dell'edificio è cominciata nel giugno 2017 e terminata nel novembre 2018. Dal 20 novembre 2018 il nuovo Headquarters di IBM in Roma è operativo e al suo interno lavorano attualmente circa 600 persone.

² Le normative nazionali e internazionali, fanno riferimento alla recente Direttiva 2018/2001/UE che aggiorna i temi sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (Abrogazione direttiva 2009/28/CE) e sull'efficienza energetica (Modifiche alla direttiva 2012/27/UE). Completa il quadro normative vigente la Direttiva Europea 31/2010/CE per gli edifici a energia quasi zero NZEB.

³ Con la Direttiva Europea 2014/24/EU sugli Appalti Pubblici, il Building Information Modeling viene introdotto all'interno delle procedure di *Procurement* degli Stati Membri.

⁴ Le simulazioni preliminari e di verifica delle alternative progettuali sono state condotte mediante l'utilizzo del software Autodesk Ecotect Analysis.

⁵ Le Prestazioni delle Facciate continue fanno riferimento alla normativa UNI EN 13830, e a norme specifiche BRCWs.

⁶ L'edificio prevede un involucro completamente vetrato con uno sviluppo complessivo di circa 9.500 m². La facciata continua si compone di parti fisse

⁴ Preliminary simulations and verification of design alternatives were conducted using Autodesk Ecotect Analysis software.

⁵ The performance of curtain walls refers to UNI EN 13830, and to specific standards BRCWs. ⁶ The building has a completely glazed shell with an overall development of approximately 9,500 square meters. The curtain wall consists of fixed parts and openable parts. The fixed parts differ in turn in visual zones with total transparency, and spandrel - opaque areas at the floors and some parts of the staircases.

⁷ The identified glass is of the VISION type Neutral Transparent thermal insulation, selectivity 1,87 EN410, composed of an external 10mm Stopray plate in position 2, 16 mm insulating interspace with Argon 90% gas, internal plate 66,2. Nominal thickness 38,76 mm; with performance of color

rendering index - RD65 Ra 96%. Luminous Transmission Index 73%, Ug Value 1.0 W/mqK, solar Factor FS g 39%, and Airborne noise insulation (Rw (C; Ctr) - EN 12758) - dB 46 (-2; -5).

⁸ Ponti, G. (1928), *La casa all'italiana, Domus*, n. 1, Milan. The text refers to the concept of quality of living space, in particular with reference to the comfort and material needs mentioned in the Ponti article.

e parti apribili. Le parti fisse si differenziano a loro volta in zone visual a trasparenza totale, e spandrel - zone opache in corrispondenza dei solai e di alcune parti dei corpi scala.

⁷ Il vetro individuato è del tipo VISION termoisolante Trasparente Neutro, selettività 1,87 EN410, lastra esterna in 10 mm Stopray in posizione 2, intercapedine isolante di 16 mm con gas Argon 90%, lastra interna 66,2. Spessore nominale 38,76 mm; indice di resa dei colori-RD65 Ra 96%. Indice di Trasmissione Luminosa 73%, Valore Ug 1.0 W/m²K, Fattore Solare FS g 39%, e Isolamento al rumore aereo diretto (Rw (C;Ctr) - EN 12758) - dB 46 (-2; -5).

⁸ Ponti, G. (1928), *La casa all'italiana, Domus*, n. 1, Milano. Nel testo si richiama il concetto di qualità del vivere lo spazio, in particolare in riferimento al comfort e alle esigenze materiali citate nell'articolo di Ponti.

SCHEDA TECNICA DEL PROGETTO

Progetto: Nuovo IBM Headquarters

Progettista: Studio Z14, Arch. G. Tamburrini, consulenza Prof. Arch. Eliana Cangelli

Località: Roma (RM)

Committente: Lamaro Appalti S.p.a.

Cronologia: 2015-17 Progetto - 2017-2018 Realizzazione

REFERENCES

Brivio, S.F. (2009), "Schermature Solari e risparmio energetico", *Arketipo*, n. 33.
Cangelli, E. and Fais, L. (2012), "Energy and environmental performance of tall buildings: state of the art, ABER Advances", *Building Energy Research*, Vol. 6., pp. 36-60.

Cangelli, E. (2014), "NZEB 2050 | Visioni possibili", *Quaderni / Journal of Planning Design Technology. Scienze per l'abitare. Utopia&Vision. Passato, presente, futuro / Past, present, future*, Vol. 3, pp. 143-152.

Ciribini, G. (1984), *Tecnologia e progetto: argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, Celid, Torino.

Croce, S. and Poli, T. (2013), *Transparency: facciate in vetro tra architettura e sperimentazione*, Arketipo Monografie 24 Ore, Gruppo 24 ore, Milano.

Hausladen G., Liedl P. and Saldanha M. (2012), *Building to Suit the Climate. A Handbook*, Birkhauser, Basilea.

Marsh, A. (2008), "Generative and Performative Design: A Challenging New Role for Modern Architects", *The Oxford Conference, 22-23 July*, Oxford, UK WIT Press.

Naboni, E. (2013), "Environmental Simulation Tools in Architectural Practice, The impact on processes, methods and design", *PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September*.

Ratti, C. and Matthew, C. (2014), *Architettura Open Source verso una progettazione aperta*, Einaudi, Torino

Sala, M. and Romano, R. (2011), "Building envelope innovation: smart façades for non residential buildings", *Techné, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 2, pp. 158-169.

Schiaffonati, F. and Crespi, L. (1990), *L'invenzione della tecnologia*, Alinea, Firenze.

AA.VV. (2019), *Sguardi sulla città IBM Headquarters*, Art & Architecture Editions, ThePlan Maggioli, Rimini.

Progetto esecutivo e processi di costruzione digitale. Una sperimentazione costruttiva tra Italia e Giappone

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Roberto Ruggiero,

Scuola di Ateneo Architettura e Design "Eduardo Vittoria" (SAAD) di Ascoli Piceno, Università di Camerino, Italia

roberto.ruggiero@unicam.it

Abstract. Il paper intende fornire spunti di riflessione sulla declinazione del progetto esecutivo nell'ambito dei processi di costruzione digitale. A tale scopo il paper illustra i primi esiti di una sperimentazione costruttiva in corso di svolgimento nell'ambito di una ricerca internazionale che vede coinvolte la Scuola di Architettura e Design "Eduardo Vittoria" di Ascoli Piceno dell'Università di Camerino e due atenei giapponesi (Keio University e Kokushikan University). L'esperienza di "costruzione digitale" di un modulo abitativo a carattere sperimentale, esito della prima fase della ricerca, dimostra come la digitalizzazione dei processi costruttivi implichi una ricodifica delle correnti prassi progettuali. In particolare nella cultura costruttiva digitale, le variabili legate ai materiali, ai sistemi costruttivi e operativi dell'Architettura entrano in gioco sin dalle prime fasi dell'iter progettuale. Conseguenza di tale approccio è l'assunzione di una nuova dimensione strategica (oltre che strumentale) del progetto esecutivo.

Parole chiave: Progetto; Costruzione; Processo; Paradigma; Digitale.

Introduzione

In termini generali e con riferimento alla contemporaneità, la qualità di un progetto in campo edilizio è esprimibile come integrazione di due differenti piani. Il primo – di ordine concettuale – si riferisce ai suoi aspetti culturali, evidentemente frutto di scelte soggettive effettuate dal progettista. Il secondo – di ordine prettamente operativo – è immediatamente deducibile dalla compresenza di precisi parametri (intelligibilità, coerenza e trasmissibilità degli elaborati, rispondenza dei contenuti alle normative e al quadro esigenziale espresso dalla committenza, appropriatezza delle soluzioni e delle scelte tecniche, ecc.). L'esistenza di tali parametri è propedeutica al corretto sviluppo del processo immediatamente successivo – quelli di produzione, assemblaggio e costruzione (a seconda delle modalità costruttive e delle tecniche esecutive adottate) – nella misura in cui contribuisce all'acquisizione delle necessarie garanzie di correttezza nello sviluppo della concreta realizzazione del manufatto. Dunque, nella filiera che concorre alla definizione del processo edilizio,

Executive design and digital construction processes. A constructive experimentation between Italy and Japan

Abstract. The paper aims to provide food for thought about the declination of the executive design in the context of digital construction processes. To this end, the paper illustrates the first results of a constructive experimentation under way, carried out in the framework of an international research involving the "Eduardo Vittoria" School of Architecture and Design of Ascoli Piceno of the University of Camerino and two Japanese universities (Keio University and Kokushikan University). The experience of "digital construction" of an experimental module, result of the first research step, demonstrates how the digitalization of construction processes implies a re-coding of current design practices. Particularly in the digital construction culture, the variables related to materials and to construction and operational systems of Architecture come into play right from the early design phases. Consequence of this approach is the assumption

il progetto esecutivo costituisce lo "snodo" strategico tra la fase ideativa e quella realizzativa dell'Architettura: per l'ultima volta la sfera decisionale potrà orientare le scelte del progetto prima che abbia inizio la materiale realizzazione del manufatto. Un progetto esecutivo inadeguato comprometterà la qualità finale del prodotto edilizio nonché l'efficienza del processo costruttivo tradendo quello che è uno dei fondamenti dell'azione progettuale: il principio di responsabilità del progetto in relazione all'uso consapevole, appropriato e sostenibile delle tecniche, dei materiali e dei processi costruttivi necessari ad elevare la qualità dell'ambiente costruito.

Evoluzione del rapporto progetto-costruzione

Il progressivo ingresso dell'industria nel mondo dell'edilizia ha determinato, a partire dalla metà del secolo scorso, una sensibile trasformazione delle tecniche esecutive e operative legate all'azione del costruire. Il principio di separazione tra il momento della concezione e quello della produzione, tipico dei processi di natura industriale, ha generato – nel tempo, nella prassi progettuale – la necessità di un aggiornamento di ordine culturale, metodologico e operativo. «Il processo di costruzione, che nella cultura materiale era sostenuto da un bagaglio convenzionale tra progettista e costruttore tale da evitare l'esplicitazione del progetto in tutte le sue parti, nella cultura macchinistica ha richiesto che il progetto fosse definito in tutti i suoi dettagli [...], implicando il trasferimento dell'abilità dall'uomo alla macchina una minore possibilità di aggiustamenti in caso di mancata corrispondenza» (Campioli 1993). Progressivamente la necessità di rendere più "fluida" il passaggio tra progetto e costruzione ha stimolato una specifica

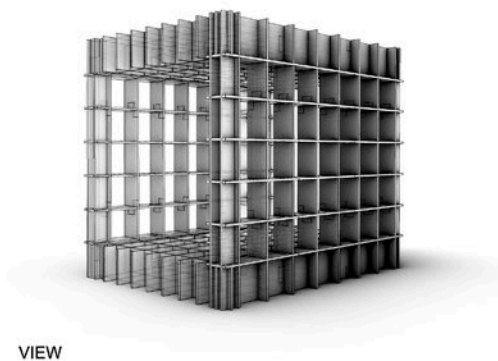
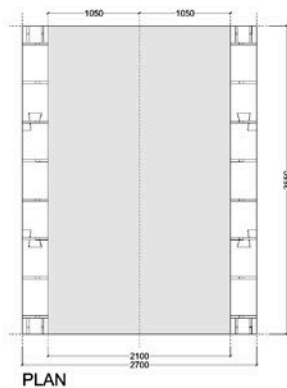
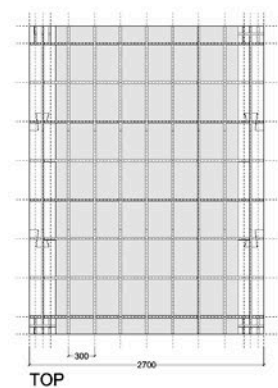
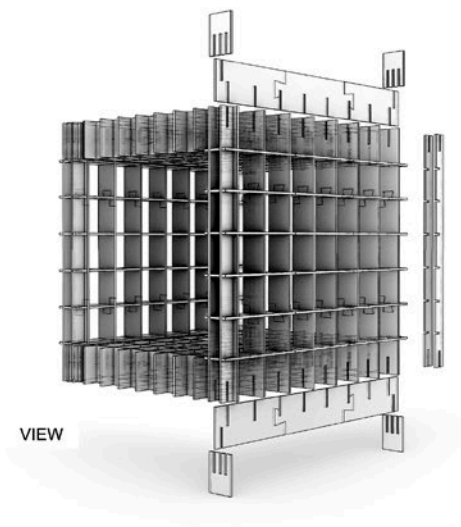
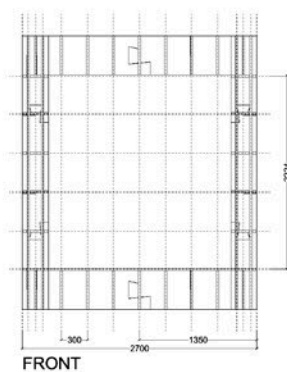
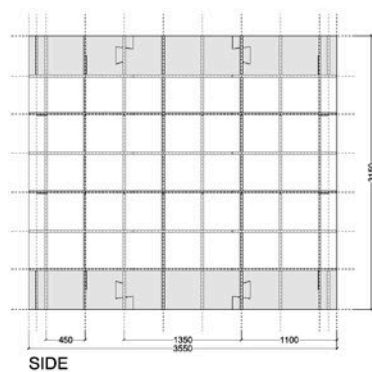
tion of a new strategic dimension (as well as instrumental) of the executive design.

Keywords: Design; Construction; Process; Paradigm; Digital.

Introduction

In general terms and with reference to nowadays, the quality of a building can be expressed as integration of two different aspects. The first – conceptual – refers to its cultural aspects and is evidently the result of subjective choices made by the designer. The second – practical – is due to the coexistence of precise parameters (intelligibility, coherence and transmissibility of the paperwork, compliance of the contents with the regulations and the demand expressed by the client, appropriateness of the solutions and technical choices, etc.). The existence of those parameters is a prerequisite for the

correct development of the following processes – those of production, assembly and construction (depending on the construction methods and the adopted executive techniques) – as it contributes to the acquisition of the necessary guarantees of correctness in the development of the real construction of the building. Therefore, in the supply chain that contributes to the definition of the building process, the executive design constitutes the strategic "junction" between the idea phase and the realization phase of Architecture: for the last time the decisional sphere can direct the choices of the project before the material realization of the manufactured article begins. An inadequate executive design will compromise the final quality of the building product as well as the efficiency of the construction process, betraying what is one of the foundations of the



project action: the principle of project responsibility in relation to the conscious, appropriate and sustainable use of techniques, materials and construction processes necessary to raise the quality of the built environment.

Evolution of the “project-construction” relationship

Starting from the middle of the last century, the progressive entry of the industry into the building world has determined a significant transformation of the executive and operational techniques linked to the action of construction. The principle of separation between the moment of conception and that of production, typical of industrial processes, has generated – over time, in the design practice – the need for a cultural, methodological and operational updating. «The construction process, which in the materi-

al culture was supported by a conventional baggage between designer and builder that avoided the explanation of the project in all its parts, in the machine culture required that the project be defined in all its details [...], implying in the transfer of the ability from man to machine a lower possibility of adjustments in case of mismatch» (Capioli 1993). Progressively, the need to make the transition between project and construction more “fluid” has stimulated a specific normative production in which the executive design has found its own precise statute¹, but also, in more recent years, has directed research in the field of ICT towards the construction of “ad hoc” design tools, as in the case of BIM², an operating project management methodology that uses an information model that contains all the information of the artifact to be made. Thanks

to the “BIM”, the building is “built” before its physical realization, through a virtual model, through the collaboration and contributions of all the actors involved in the project and, above all, before the construction begins. However, the digital revolution – already defined as the “fourth industrial revolution” (Schwab, 2016) – is today constituted by a vast ecosystem of innovative technologies that concern not only the field of information modeling but also that of construction. It seems possible, in a near future, to determine the emergence of new models, systems and construction paradigms with profound consequences, including the social, economic and environmental³. Made possible by a progressive process of technology transfer from more advanced manufacturing sectors, “digital fabrication” now suggests new scenarios for construction techniques and

for transferring design information. In particular, for the executive phase of the project, we can already refigure a substantial change of paradigm.

A digital constructive experimentation

As part of international research conducted between Italy and Japan⁴, a constructive experimentation⁵ underway at the “Eduardo Vittoria” University of Architecture and Design School of Ascoli Piceno (SAAD) of the University of Camerino is an opportunity for reflection on these themes and, in particular, on how the traditional concept of executive design can be declined in digital fabrication contexts⁶.

With a strong tradition in the field of experimental design, in 2014 at SAAD one of the first Fab-Lab⁷ present in the Marche region was set up and equipped for the construction with CNC tech-

produzione normativa in cui la progettazione esecutiva ha trovato un proprio preciso statuto¹; ma ha anche, in anni più recenti, indirizzato la ricerca nel campo dell'ICT verso la costruzione di strumenti di carattere progettuale *ad hoc*, come nel caso del BIM²: una metodologia operativa di gestione del progetto basata sull'adozione di un modello informativo completo di tutte le informazioni del manufatto da realizzare. Grazie al BIM l'edificio può essere "costruito" in ambiente virtuale in maniera "partecipata" (con il contributo, cioè, di tutti gli operatori del processo edilizio) ed "anticipata" (ovvero prima che la reale costruzione del manufatto abbia realmente inizio).

Tuttavia la rivoluzione digitale – già definita "quarta rivoluzione industriale" (Schwab, 2016) – è oggi costituita da un vasto ecosistema di tecnologie innovative che riguardano non solo il campo dell'*information modelling* ma anche quello della costruzione e sembra in grado, in un futuro prossimo, di determinare la nascita di modelli, sistemi e paradigmi costruttivi nuovi, con conseguenze profonde, anche di ordine sociale, economico e ambientale³. Resa possibile da un progressivo processo di trasferimento tecnologico da settori manifatturieri più avanzati, la costruzione digitale suggerisce oggi nuovi scenari per le tecniche costruttive e per quelle di trasferimento delle informazioni progettuali. In particolare, per la fase esecutiva del progetto, si prefigura un cambio di paradigma che è già possibile intravedere.

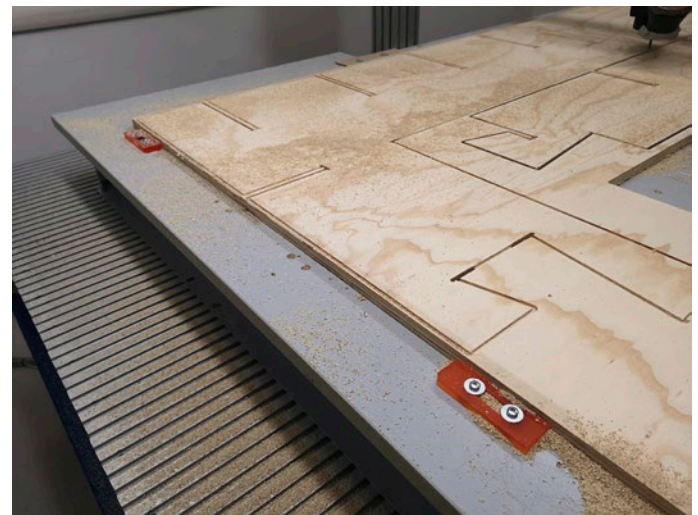
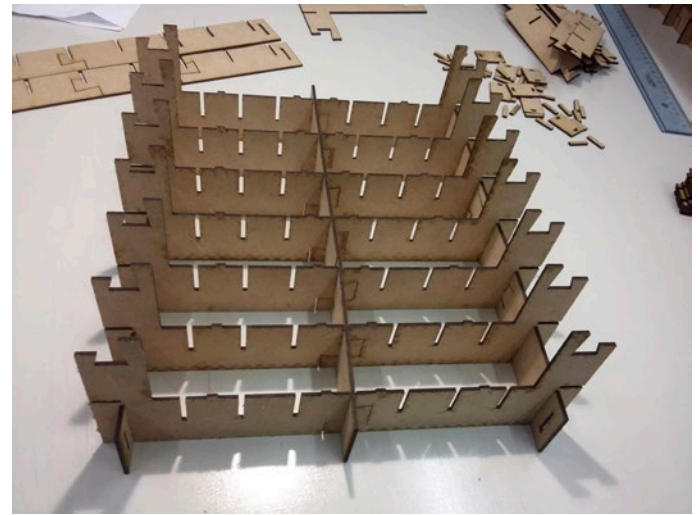
Una sperimentazione costruttiva a carattere digitale

Nell'ambito di una ricerca internazionale condotta tra Italia e Giappone⁴, una sperimentazione costruttiva⁵ in corso di svolgimento presso la Scuola di Ateneo Architettura e Design

nologies. Among the activities that the so called SAAD-Lab has stimulated and made possible, in 2017 a research unit related (mainly) to the Disciplinary Scientific Sector ICAR12 started an inter-university research that sees the co-participation, at the moment, of three research groups hinged on the SAAD of Ascoli Piceno (principal investigator: the author of the paper), the Keyo University of Tokyo (principal investigator: Prof. Hiroto Kobayashi) and the Kokushikan University (principal investigator: Prof. Akira Suzuki). The last of the three partners expresses mainly engineering skills. The research, called "Temporary Contemporary Architecture. Italy meets Japan", aims to develop innovative spatial devices and temporary building systems for community in housing emergency. The research refers to the principles of participatory planning, digital con-

struction and off-site production and aims at implementing social, environmental and economic sustainability objectives. The research also intends to develop (extending its field of application) and apply (in western contexts) an innovative wooden construction system developed by Prof. Kobayashi, based on an innovative reinterpretation of "wood-wood" connection systems typical of Japanese construction tradition and whose reference material is "plywood" (in this case 18/20 mm thick). The research also uses constructive experimentation as a tool for verifying the theoretical investigation and foresees the refinement of the constructive system through a succession of constructive experimentations set in real contexts.

The first phase of the research culminated in the prototyping, first on a reduced scale and subsequently in a real



(SAAD) "Eduardo Vittoria" dell'Università di Camerino con sede ad Ascoli Piceno è stata l'occasione per una riflessione su

scale, of a temporary space/functional device. The objective of this phase was to test the system in relation to the objectives of reversibility and speed of implementation placed at the base of the project. In the continuation of the research – whose originality also lies in the high levels of "contamination" between different scientific and design cultures (such as are those of Italy and Japan) – we will focus on the achievement of multiple objectives including: the simplification of the assembly phases, more rapid assembly process (in implementation of an innovative instant building principle), progressive miniaturization and optimization of the construction components, increase of "hybridability" with completion systems (also coming from other production chains), as well as articulation – starting from the realized basic module – of more complex living systems.

The methodology behind the experimentation is based on a recursive design process and is articulated in five phases: a) the production of a preliminary hand-made maquettes realized in an artisanal and extemporaneous manner; b) adopting parametric design techniques, creating digital models⁸; c) realization of a sequence of prototypes of the artefact in a scale 1:10 (and of some of its components in 1:1 scale); d) graphic representation of the project also in its constructive and procedural aspects; e) production with digital manufacturing techniques of the module on a 1:1 scale, i.e. the final prototype, which, according with a method typical of industrial production, will be tested in the laboratory to be further optimized.

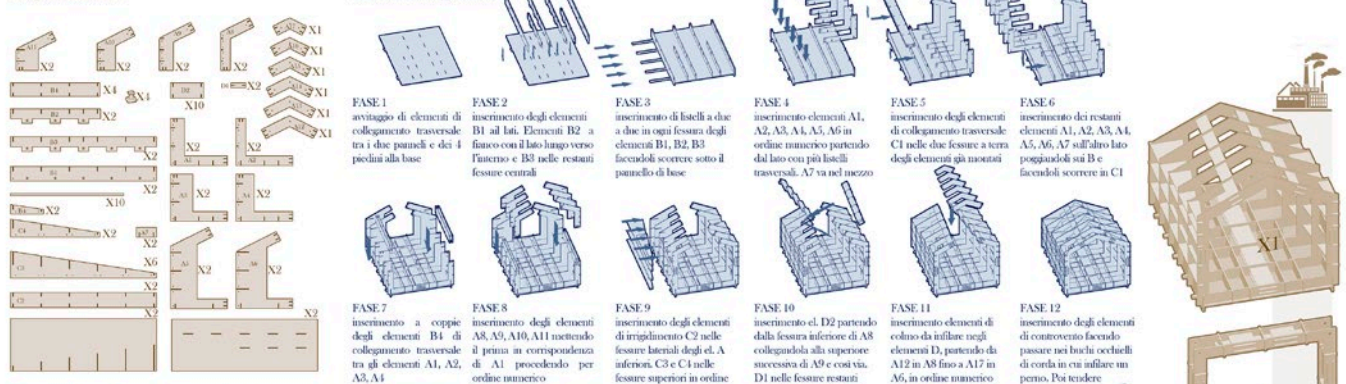
questi temi e, in particolare, sul come il tradizionale concetto di progetto esecutivo possa essere declinato in contesti di *digital fabrication*⁶.

Forte di una tradizione nell'ambito dello "sperimentalismo progettuale", nel 2014 la SAAD ha allestito uno dei primi Fab-Lab⁷ presenti nella regione Marche, attrezzato per la realizzazione con tecnologie CNC di componenti da costruzione. Nell'ambito delle attività che il SAAD-Lab, questa è la sua denominazione, ha stimolato e reso possibili, nel 2017 un'unità di ricerca afferente (prevalentemente) al Settore Scientifico Disciplinare ICAR12 ha avviato una ricerca interuniversitaria che vede la compartecipazione, al momento, di tre gruppi di ricerca incardinati rispettivamente presso la SAAD di Ascoli Piceno (di cui l'autore del paper è responsabile scientifico), la Keio University di Tokyo (responsabile scientifico prof. Hiroto Kobayashi) e la Kokushikan University (responsabile scientifico prof. Akira Suzuki). L'ultimo dei tre partner esprime competenze prevalentemente ingegneri-

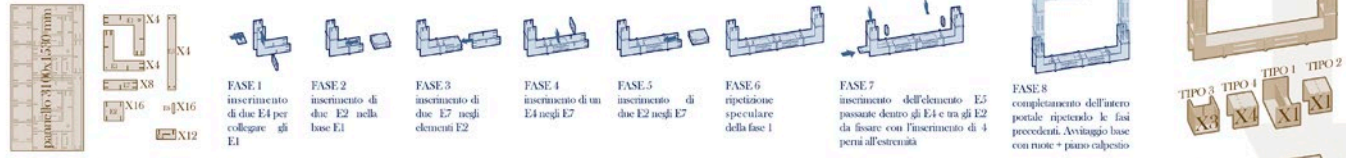
stiche. La ricerca punta a sviluppare dispositivi spaziali e sistemi costruttivi innovativi a carattere temporaneo a servizio di comunità in emergenza abitativa. La ricerca fa riferimento a principi di progettazione partecipata e di costruzione digitale e *off-site*, in attuazione a obiettivi di sostenibilità sociale, ambientale ed economica. La ricerca punta altresì a sviluppare (ampliandone il campo di applicazione) e declinare (in contesti occidentale) un innovativo sistema costruttivo in legno messo a punto dal prof Kobayashi basato su una rivisitazione in chiave innovativa dei sistemi di connessione legno-legno della tradizione costruttiva giapponese e che nel legno "compensato" di piccolo spessore (18/20 mm) il suo materiale di riferimento. La ricerca utilizza altresì la sperimentazione costruttiva quale strumento di verifica dell'indagine teorica e prevede l'affinamento del sistema costruttivo attraverso un susseguirsi di sperimentazioni costruttive itineranti in contesti reali.

La prima fase della ricerca è culminata nella prototipazione,

ISTRUZIONI DI MONTAGGIO
 componenti libreria



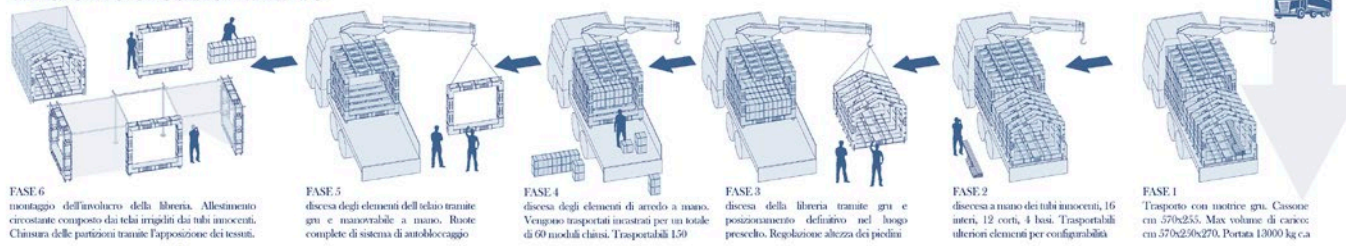
componenti portali



componenti sedie componibili



TRASPORTO E POSIZIONAMENTO



dapprima in scala ridotta e successivamente in scala reale, di un dispositivo spazio/funzionale a carattere temporaneo. Obiettivo di questa fase è stato testare il sistema in relazione agli obiettivi di reversibilità e rapidità di messa in opera posti alla base del progetto. Nel prosieguo del lavoro, la cui originalità risiede anche negli alti livelli di “contaminazione” tra culture scientifiche e progettuali differenti (quali sono quelle italiana e giapponese), si punterà all’ottimizzazione di alcuni aspetti tra i quali, in particolare: la semplificazione delle fasi di montaggio, la loro velocizzazione (in attuazione di un innovativo principio di *instant building*), la progressiva miniaturizzazione ed ottimizzazione dei componenti costruttivi, l’incremento dei livelli di ibridabilità del sistema con altri (di completamento) provenienti da differenti filiere produttive, nonché l’articolazione – a partire dal modulo base realizzato – di sistemi abitativi più complessi. La metodologia adottata è incentrata su un processo progettuale ricorsivo articolato in cinque fasi:

- produzione di maquette di studio realizzate in modo artigianale ed estemporaneo;
- adottando tecniche di progettazione parametrica, realizzazione di modelli digitali⁸;
- realizzazione di prototipi in scala ridotta dei modelli digitali (1:10) e di alcune componenti in scala 1:1;
- restituzione grafica del progetto anche nei suoi aspetti costruttivi e processuali;
- produzione, con tecniche di *digital manufacturing*, del modulo abitativo in scala 1:1, ovvero del prototipo finale che, secondo un metodo proprio della produzione industriale, sarà testato in laboratorio per essere ulteriormente ottimizzato.

Conclusions

If the research does not have as a main focus the executive design, the results of the first constructive experiments led to substantial reflections on the relationship between design and construction and, therefore, on the nature of the executive design in the field of construction and digital manufacturing.

As a preliminary matter and although the results achieved so far are detailed to a “small scale” project, the design experimentation conducted in parallel between the SAAD, Keio University and Kokushikan University certifies how the digital construction process⁹ favors the implementation of procedures typical of industrial production. Among these, the “prototyping” is configured as a reference tool for the verification not only of the constructive aspects of Architecture but also

of its performance: «prototypes open up new possibilities. Prototypes promote adaptive dynamics that are preparatory to the advent of new forms, induce new expectations, bend existing technologies [...]. Prototypes are the launching pad that propels us towards the creative goals to which we aim» (Madhavan 2015). In this process the graphs, i.e. the main tool of traditional design, acquires a marginal role. Instead, the writing component of the project remains of primary importance, even for administrative and regulatory purposes.

In more general terms, the constructive experimentation conducted at the SAAD with the support of the Japanese partners certifies how the digitalization of the construction processes makes the separation between the heuristic phase of the project and the executive phase less clear, as well



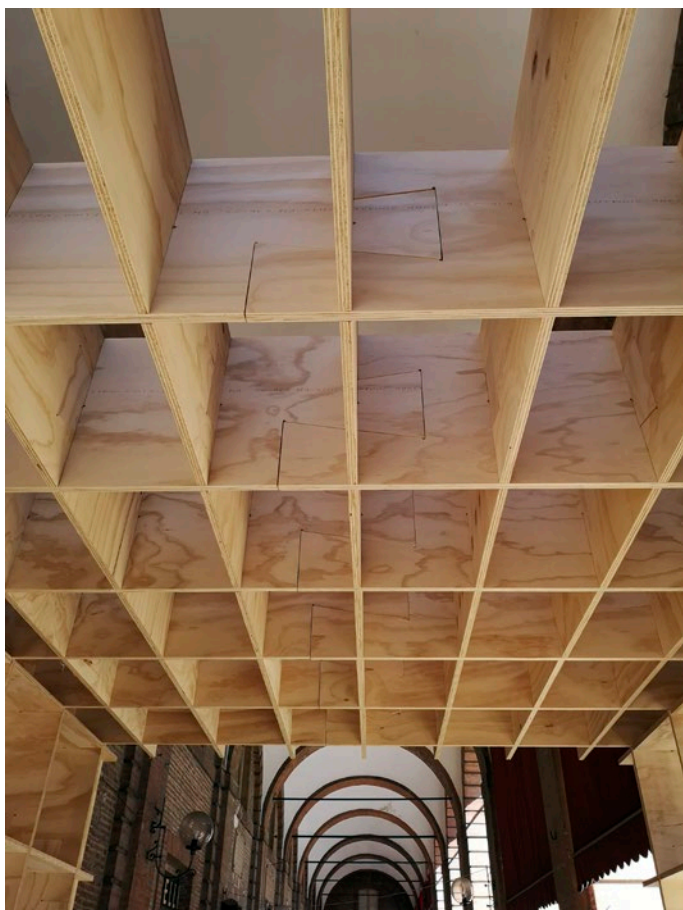
Conclusioni

Se la ricerca in atto non è direttamente focalizzata sul tema del “progetto esecutivo”, i suoi primi esiti inducono alcune riflessioni sostanziali sul rapporto tra progetto e costruzione nonché sull’evoluzione del concetto di “progetto esecutivo” nell’ambito della costruzione digitale.



In via preliminare e benché i risultati finora raggiunti siano circostanziati ad un progetto di “piccola scala”, la sperimentazione progettuale condotta in parallelo tra la SAAD, la Keio University e la Kokushikan University certifica come il processo di costruzione digitale⁹ favorisca l’attuazione di procedure proprie della produzione industriale. Tra queste, la “prototipazione” si configura quale strumento di riferimento per la verifica non solo degli aspetti costruttivi dell’Architettura ma anche di quelli prestazionali: «i prototipi dischiudono possibilità inedite. I prototipi promuovono dinamiche di adattamento propedeutiche all’avvento di nuove forme, inducono attese nuove, piegano tecnologie esistenti [...]. I prototipi sono la rampa di lancio che ci proietta verso le mete creative alle quali tendiamo» (Madhavan 2015). In questa dinamica, i grafici, strumento principale della progettazione tradizionale, acquisiscono un ruolo marginale, di complemento (nei grafici è rappresentato l’abaco di tutti i componenti della costruzione) che non alla trasmissione delle informazioni di carattere costruttivo. La componente scrittografica del progetto resta invece di primaria importanza, anche ai fini amministrativi e normativi.

07 |



In termini più generali, la sperimentazione costruttiva condotta alla SAAD con il supporto dei partner giapponesi certifica come la digitalizzazione dei processi di costruzione renda meno netta la separazione tra la fase euristica del progetto e quella esecutiva, così come quella tra progetto e costruzione. In questo senso l’esperienza della costruzione digitale favorisce un approccio al progetto molto vicino a quello prefigurato da Edoardo Vittoria già alla fine del secolo scorso (in un contesto culturale ancora “analogico”) e dallo stesso definito: «costruttivismo progettante, [...] che trasforma l’invenzione tecnica in un modo di pensare l’architettura» e in cui «l’architetto-artefice-artigiano [...] si preoccupa di civilizzare la tecnologia facendosi portatore di meccanismi combinatori che trasformano la costruzione in un montaggio mediante il quale si realizza l’estensione stessa dello spazio, avendo l’innovazione come finalità dell’opera» (Vittoria 1992). Se è vero che, nei processi costruttivi tradizionali, concentrare l’attenzione del progetto prevalentemente sul momento creativo può portare a tralasciare quei parametri esecutivi che più degli altri incidono sulle procedure, sulle tecniche

| 08



di realizzazione e sulla qualità delle opere, nell'esperienza della costruzione digitale questo difficilmente può accadere: nella costruzione digitale i materiali, i sistemi e le tecniche sono la vera "materia" del progetto.

Nel rendere "anti-storica" la separazione tra la fase di progettazione e quella della costruzione, l'indifferenza ai materiali e alle tecniche costruttive, la fabbricazione digitale implica una modifica non solo dei paradigmi del progetto di architettura ma anche della cultura edilizia in generale. Comportando di fatto un "ri-allineamento" tra progetto e costruzione all'interno di un flusso di lavoro che non ammette separazioni, i processi di costruzione digitale tendono ad annullare la dipendenza del momento operativo da quello ideativo dell'Architettura a vantaggio di una continua "interferenza" di un momento sull'altro. Tale processo, da un lato, tende a ricondurre l'atto costruttivo a una condizione pre-industriale (quando progetto e costruzione costituivano, secondo una logica artigianale, un atto unitario), dall'altro spinge l'atto progettuale ad un approccio sperimentale proprio della ricerca applicata, come nel caso qui trattato.

Tali considerazioni, certamente parziali rispetto agli scenari a venire e derivanti da un'esperienza *in fieri* che fa riferimento a una sola delle tecniche di costruzione digitale, suggeriscono come la nascita di un contesto tecnologico digitale possa costituire occasione di riequilibrio tra fini e mezzi in Architettura (Nardi, 2003), secondo un assunto tipico della Cultura Tecnologica del Progetto; un assunto o per meglio dire "una speranza" che l'innovazione tecnologica nel campo delle costruzioni, a partire dalla prima industrializzazione edilizia e fino ad alcuni scenari più attuali di architettura (vetero) *high-tech*¹⁰, ha spesso tradito.

as that between design and construction phases. In this sense, the experience of digital construction favors an approach to design that is very close to the one prefigured by Edoardo Vittoria at the end of the last century (in a still "analogical" cultural context) and defined by the same Vittoria as: «designing constructivism, [...] that transforms the technical invention into a way of thinking about architecture» and in which «the architect-craftsman [...] is concerned with civilizing technology, making himself the bearer of combinatorial mechanism that transforms the building into an assembly through which the extension of space is realized, having innovation as the purpose of the work» (Vittoria, 1992). If it is true that, in traditional construction processes, focusing the attention of the project mainly on the creative moment can lead to neglecting those

executive parameters that more than others affect the procedures, the construction techniques and the quality of the works, in the experience of digital construction, can rarely happen: in digital construction materials, systems and techniques are the real "matter" of the project.

In the separating between the design phase and the construction phase, the indifference to the materials and the construction techniques, the digital fabrication implies a modification not only of the paradigms of the architectural project but also of the building culture in general. Actually, leading to a "re-alignment" between project and construction within a workflow that does not allow separations, digital construction processes tend to cancel the dependence of the operational moment from the conceptual one of Architecture to the advantage of a con-

NOTE

¹ In Italia, prima dell'emanazione della Legge Quadro sui Lavori Pubblici (L. 109/94), l'articolazione del processo di progettazione era definita dalla Legge n. 143 del 1949, rivolta più alla determinazione della tariffa professionale che non alla precisazione dei contenuti della progettazione. Anche per opere complesse le singole fasi progettuali, inclusa quella esecutiva, non erano regolate da precise responsabilità contrattuali. Con la Legge n. 109 del 1994 – meglio conosciuta come Legge Merloni – e soprattutto con il suo Regolamento d'Attuazione (DPR n. 554 del 1999) si dava finalmente avvio a una riforma radicale, resa indispensabile anche dalla necessità di contrastare i guasti derivanti dalla crisi strutturale del sistema politico imprenditoriale (maturata negli anni ottanta ed evidenziata dalla vicenda giudiziaria "Mani Pulite"), emblematico caso di mancata trasparenza ed efficienza nella gestione degli appalti pubblici. Proponendo una disarticolazione del "progetto" in tre distinte fasi (preliminare, definitiva ed esecutiva) il legislatore esplicita forma e contenuti dei singoli elaborati progettuali per ciascuna fase.

² Il BIM (*Building Information Modeling*) è stato già definito dal NIBS (National Institutes of Building Science, Washington, USA) come «rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto» (cfr. <https://www.nibs.org/>).

³ Se da un lato esiste una ricerca avanzata che punta all'*upgrade* delle attuali tecnologie di costruzione digitale e che fa riferimento alla robotica quale campo di speculazione prioritario, il *trend* dei dispositivi attualmente in uso è quello di una progressiva semplificazione delle interfacce d'uso e di una accessibilità economica (almeno per i dispositivi più semplici). Si prefigura quindi uno scenario in cui una progettazione tecnologicamente avanzata (di tipo *high-tech*) può diventare il presupposto per processi costruttivi semplificati (di tipo *low-tech*). Questo rende plausibile, in una previsione di medio e lungo termine, un processo di democratizzazione dell'Architettura (in relazione a manufatti di piccola e media scala), legata alla diffusione di un modello di "personal fabrication" (sul modello "WikiHouse") che può essere alimentato dalla diffusione di *community* che già oggi condividono

tinuous "interference" of one moment on the other. This process, on the one hand, tends to bring the constructive act back to a pre-industrial condition (when design and construction constituted, according to a craft logic, a unitary act), on the other hand it pushes the design act to an experimental approach typical of applied research, as in this case.

These considerations, certainly partial with respect to the scenarios to come and deriving from an ongoing experience that refers to only one of the digital construction techniques, suggest how the birth of a digital technological context can be an opportunity to rebalance between ends and means in Architecture (Nardi, 2003), according to an assumption typical of the Project's Technological Culture; an assumption – but we could say "a hope" – that a technological innovation in the field of

construction, starting from the first industrialization of the building and up to the most modern high-tech architecture scenarios¹⁰, has often betrayed.

NOTES

¹ In Italy, prior to the issuing of the Framework Law on Public Works (L. 109/94), the articulation of the design process was defined by Law no. 143 of 1949, directed more to the determination of the professional tariff than to the specification of the contents of the design. Even for complex works, the individual design phases, including the executive, were not regulated by specific contractual responsibilities. With the Law n. 109 of 1994 – better known as the Merloni Law – and above all with its Implementing Regulation (Presidential Decree No. 554 of 1999), a radical reform was finally launched, made indispensable also with the need

servizi e tecnologie *online* o che condividono esperienze di prototipazione di manufatti prodotti digitalmente.

⁴ Titolo della ricerca è: “Temporary/Contemporary Architecture: adaptive and spontaneous strategies towards an unpredictable future”.

⁵ La sperimentazione è costruttiva è stata finanziata dalla fondazione CARISAP di Ascoli Piceno nell’ambito di un accordo con l’Università di Camerino.

⁶ Il termine “costruzione digitale” implica diverse tecniche ed approcci diversi prevalentemente riconducibili a: *digital manufacturing*, ovvero produzione digitale di componenti assemblabili in cantiere anche in modo analogico; *digital fabrication*, dove l’azione digitale non è esercitata nella fase di realizzazione del componente ma in quella di montaggio in cantiere. In questo secondo caso è proprio la costruzione ad essere gestita digitalmente laddove i componenti possono essere prodotti anche con logiche industriali o di tipo tradizionale (Pone, 2017). Un esempio di *digital fabrication* è la produzione robotizzata per l’architettura, in cui la costruzione avviene mediante bracci meccanici controllati e riprogrammabili che utilizzano cinematismi simili a quelli delle macchine CNC (*computer numerical control*).

⁷ Un Fab-Lab (dall’inglese *fabrication laboratory*) è di fatto un’officina che offre servizi personalizzati di fabbricazione digitale. Un Fab-Lab è generalmente dotato di una serie di strumenti computerizzati in grado di realizzare, in maniera flessibile e semi-automatica, un’ampia gamma di oggetti.

⁸ Il *software* utilizzato è ormai uno standard per la *digital fabrication*, ovvero Rhinoceros combinato con il suo *plug-in* Grasshopper.

⁹ La *digital fabrication* utilizza diverse tecnologie riconducibili in prima istanza a due metodi di produzione: *additive manufacturing* e *subtractive manufacturing*. La produzione “additiva” è un metodo di costruzione delle parti che procede aggiungendo via via singoli sottili strati di materiale come, nel campo dell’edilizia, calcestruzzo o argilla. La produzione sottrattiva è un metodo di lavorazione dei pezzi a partire da un blocco di materiale e procedendo alla rimozione del materiale “superfluo” fino a giungere alla parte

to counter the breakdowns deriving from the structural crisis of the entrepreneurial political system (matured in the eighties and highlighted by the “Mani Pulite” judicial affair), emblematic case of lack of transparency and efficiency in the management of public tenders. By proposing a disarticulation of the “project” in three distinct phases (preliminary, definitive and executive) the legislator explicits form and content of the individual project plans for each phase.

² Building Information Modeling (BIM) has already been defined by the NIBS (National Institutes of Building Science, Washington, USA) as a “digital representation of physical and functional characteristics of an object” (see <https://www.nibs.org/>).

³ While on the one hand there is advanced research that aims at upgrading the current digital construction tech-

nologies and which refers to robotics as a field of priority speculation, the trend of the devices currently in use is that of a progressive simplification of the interfaces and economic accessibility (at least for the simplest devices). Therefore, a scenario is envisaged in which a technologically advanced (high-tech) design can become the prerequisite for simplified (low-tech) construction processes. This makes it plausible, in a medium and long-term forecast, a process of democratization of Architecture (in relation to small and medium-scale artefacts), linked to the diffusion of a “personal fabrication” model (on the “WikiHouse” model) that can be fed by the spread of communities that already share online services and technologies or that share experiences of prototyping digitally produced products.

⁴ The research is entitled: “Temporary/

finita. Questo metodo, utilizzato nella sperimentazione oggetto del paper, nel campo edilizio fa riferimento al legno come materiale principale.

¹⁰ Il riferimento è principalmente al contesto asiatico e soprattutto medio orientale dove persistono, in alcuni casi, visioni “scenografiche” e “consumistiche” della tecnologia alimentate da una scarsa cultura dell’ambiente.

REFERENCES

Anderson, C. (2016), “The long tail”, *Wired*.

Borutti, S. (1997), “Costruttivismo e progettualità. Una prospettiva epistemologica”, in Nardi, G. (Ed.), *Aspettando il progetto*, Franco Angeli, Milano.

Burphy, J. and Burry, M. (2016), *Prototyping for Architects. Real Building for the Next Generation of Digital Designers*, Thames & Hudson, London.

Campioli, A. (1993), *Il contesto del progetto*, FrancoAngeli Editore, Milano.

Caneparo, L. (2012), *Fabbricazione digitale dell’architettura. Il divenire della cultura tecnologica del progettare e del costruire*, Franco Angeli, Milano.

Dies, T. (2018), *Fab City: The Mass Distribution of (almost) Everything*, Design market platform, Barcelona.

Gramazio, F. Willmann, J. and Kohler, M. (2014), *The Robotic Touch: How Robots Change Architecture*, Park Books, Zurich.

Gramazio, F. and Kohler, M. (2014), *Made by Robots: Challenging Architecture at a Larger Scale*, Academy Press, Mendrisio.

Hill, C. (2016), *This is Temporary: how transient projects are redefining architecture*, Riba Publishing, London.

Kolarevic, B. and Klinger, K. (2008), *Manufacturing material effects: rethinking design and making in architecture*, Routledge, New York/London.

Koyrè, A. (2000), *Dal mondo del pressappoco all’universo della precisione*, Einaudi, Torino.

Iwamoto, L. (2009), *DigitalFabrications*, Princeton, Architectural Press, New York.

Contemporary Architecture: adaptive and spontaneous strategies towards an unpredictable future”.

⁵ The constructive experimentation under way was financed by the CARISAP Foundation of Ascoli Piceno as part of a framework agreement with the University of Camerino.

⁶ The term “digital fabrication” implies different techniques and different approaches mainly referable to: digital manufacturing, or digital production of components that can be assembled on site, even in an analogical way; digital fabrication, where digital action is not carried out during the component construction phase but in the assembly phase. In this second case it is precisely the construction that is digitally managed where the components can also be produced with industrial or traditional logics (Pone, 2017). An example of digital fabrication is the robotic

production for architecture, in which the construction takes place by means of controlled and reprogrammable mechanical arms that use kinematics similar to those of CNC machines (computer numerical control).

⁷ A fab-lab (from the English *fabrication laboratory*) is in fact a workshop that offers customized digital fabrication services. A fab lab is generally equipped with a series of computerized instruments able to realize, in a flexible and semi-automatic way, a wide range of objects.

⁸ The software used is now a standard for digital fabrication, Rhinoceros combined with its Grasshopper plug-in.

⁹ Digital fabrication uses different technologies that can be attributed in the first instance to two production methods: additive manufacturing and subtractive manufacturing.

- La Creta, R. and Truppi, C. (1994), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano.
- Madhavan, G. (2015), "Pensare per prototipi", in Madhavan. G., *Come pensano gli ingegneri*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Mangiarotti, A. (2000), *Il progetto di architettura. Dall'euristico all'esecutivo*, Libreria CLUP, Milano.
- Menichelli, M. (2017), *Fab lab: revolution field manual*, Niggli Verlag, Sulgen (CH).
- Nardi, G. (2003), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Libreria CLUP, Milano.
- Nebuloni, A. and Rossi, A. (2018), *Codice e progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie*, Mimesis, Milano.
- Pone, S. (2017), *MAKER. La fabbricazione digitale per l'architettura e il design*, Progedit, Bari.
- Reinhardt, D., Saunders, R. and Burry, J. (2016), *Robotic fabrication in architecture, art and design 2016*, Springer, Berlin.
- Russo Ermolli, S. (2018), *Innovazione tecnologica e modellazione informativa per l'efficienza dei processi*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- Schwab, K. (2016), *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli Editore, Milano.
- St Hill, S. (2016), *This is Temporary: how transient projects are redefining architecture*, Riba Publishing, London.
- Vittoria, E. (1992), "Il «costruttivismo progettante» di Konrad Waksman", prefazione al volume: Zorgno, A.M. (Ed.), *Costruzioni in legno: tecnica e forma*, Edizioni Angelo Guerini, Milano.

"Additive" production is a method of constructing the parts that proceeds by gradually adding single thin layers of material such as concrete or clay in the building industry. Subtractive production is a method of processing pieces starting from a block of material and proceeding to remove the "superfluous" material until it reaches the finished part. This method, used in the experimentation object of the paper, in the building field refers to wood as the main material.

¹⁰ The reference is mainly to the Asian and especially Middle Eastern context where, in some cases, a vision of the technology and a lack of environmental culture persists.

Il progetto esecutivo per l'esportabilità e l'assemblaggio *off/on-site* del sistema costruttivo

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Vittorino Belpoliti^a, Marta Calzolari^b, Pietromaria Davoli^c, Giampaolo Guerzoni^c,

^a College of Engineering, Architectural Engineering, University of Sharjah, United Arab Emirates

^b Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma, Italia

^c Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Italia

vbelpoliti@sharjah.ac.ae
marta.calzolari@unipr.it
pietromaria.davoli@unife.it
giampaolo.guerzoni@unife.it

Abstract. Distanze geografiche, problemi logistici e assenza di materie prime, di tessuto industriale e di know-how impediscono in molti Paesi di adottare sistemi costruttivi innovativi, sostenibili, di *green building* e con elevata qualità edilizia. Per 'disseminare' tali principi nella 'colonizzazione' di nuovi mercati, occorre, quindi, pensare a come 'esportare' quei sistemi che, pur non a "km zero", risultano *green* grazie ad altre prerogative di sostenibilità. Il paper propone un metodo e un processo progettuale, produttivo ed esecutivo di "esportabilità del sistema". Si sostituisce un sistema ibrido ai modelli costruttivi con lavorazioni completamente *on-site* o con prefabbricazione *off-site*. L'esperienza di Solar Decathlon Middle East diventa caso studio della sperimentazione progettuale ed esecutiva.

Parole chiave: Trasportabilità; Sistemi strutturali standardizzati; Prefabbricazione leggera; Processi costruttivi green; Solar Decathlon Middle East 2018.

Obiettivi, ambito di riferimento e coordinate della ricerca progettuale

L'elaborazione di metodi innovativi per governare la complessità del progetto esecutivo, come traduzione fedele e reale dell'idea creativa iniziale, deve partire necessariamente da una prefigurazione particolarmente attenta della fase di realizzazione dell'edificio, evidenziandone potenziali ostacoli e rallentamenti. In molte regioni del mondo, a causa delle distanze e dei particolari contesti geografici e culturali, come pure di un sistema infrastrutturale che non favorisce l'accessibilità e l'apertura a nuovi mercati, non vi sono a livello locale le risorse di materie prime, il tessuto industriale e il know-how per adottare, in tempi brevi, tecnologie e sistemi costruttivi innovativi. Intendendo con innovativi anche la capacità di proporre un'edilizia sostenibile in termini ambientali ed economici e con elevati standard di qualità del costruito.

In una logica di forte globalizzazione del settore delle costruzioni, per riuscire a 'disseminare' principi di *green economy*, di *green*

The construction project for the exportability and assembly of the building system on/off-site

Abstract. Geographical distances, logistic problems, and the absence of raw matter, industrial fabric, and know-how prevent many countries from adopting innovative, sustainable, "green" systems for high building quality. In order to disseminate these principles through the "colonization" of new markets, it is necessary to think how to export those systems that, although not locally fabricated, are considered green thanks to other sustainable features. The paper proposes a design method and a production/construction process for the "exportability of the system". A hybrid system is proposed as an alternative to conventional construction models that are completely built on-site or prefabricated off-site. The experience of the Solar Decathlon Middle East is presented as case study for this design and build experimentation.

Keywords: Transportability; Standardized structural systems; Lightweight prefab-

building e di innovazione tecnologica di processo e di prodotto nelle dinamiche di 'colonizzazione' di un nuovo mercato, occorre pensare a come 'esportare' (*transfer* tecnologico) quei sistemi costruttivi che, pur non risultando a "km zero", rientrano però nell'alveo di percorsi *green* grazie ad altre prerogative legate alla declinazione della sostenibilità nel suo complesso. Tali finalità innalzano certamente la rilevanza del tema trattato.

Due codici esigenti si sommano, dando il senso degli obiettivi originali della proposta: da una parte, appunto, l'"esportabilità" di un concept ideativo e di un sistema costruttivo, identificando con il termine "esportabilità" l'insieme di quei fattori che garantiscono il successo dell'idea in un 'ambiente' diverso da quello in cui è stata concepita; dall'altra, la sua "trasportabilità", con tutta una serie di caratteristiche che devono essere soddisfatte per poter materialmente tradurre la possibilità di esportazione in una realtà attuativa *off/on-site*.

Le implicazioni economiche si basano anche sul bisogno costante da parte delle strutture aziendali di innescare nuove opportunità per la rete di influenza e penetrazione di propri prodotti e tecnologie, che porta alla ricerca di mercati inesplorati e modelli differenti di processo edilizio, arrivando necessariamente anche al ripensamento di dinamiche, filiere e assetti di produzione e distribuzione consolidati. Si tratta di un discreto motore di innovazione e di attivazione di reti di interessi fra attori e fattori produttivi, cui la ricerca universitaria può dare un significativo apporto di competenze scientifiche, soprattutto come impostazione meta-progettuale e articolazione della progettazione esecutiva del sistema tecnologico (implicazioni scientifiche).

rication; Green construction processes; Solar Decathlon Middle East 2018.

Objectives, field, and directions of the design research

The development of innovative methods to manage the complexity of the construction design level, as an accurate transposition of the initial creative idea, necessarily requires to carefully picture in advance the building construction process, highlighting potential obstacles and delays.

In many places in the world, due to distances, peculiar geographical and cultural contexts, and infrastructural systems that make the accessibility to new markets difficult, there is locally no raw matter, industrial arrangement, and know-how to quickly implement innovative technologies and construction systems. To this regards, the capacity to propose environmentally

and economically sustainable buildings, with high quality construction standards, is also to be considered innovative.

Working within the current significant globalization of the construction sector, disseminating principles of green economy, green building, and process/product technological innovation toward the 'colonization' of a new market, requires rethinking the technological transfer of those construction systems that, even if not locally produced, can be considered green thanks to other characteristics related to the holistic meaning of sustainability. These goals undoubtedly increase the relevance of the subject of this study.

Two requirements interlock, giving a sense of the original objectives of the proposal: on a side the "exportability" of a design concept and construction system, identifying with the term "ex-

Il paper documenta i primi esiti della ricerca che ha come obiettivo la definizione di un nuovo metodo di progettazione esecutiva, con relativo processo produttivo-realizzativo, e descrive l'esperienza di applicazione di tale approccio ad un caso studio. A partire dal 2016, infatti, le esigenze di partecipazione alla competizione internazionale universitaria Solar Decathlon (Fig. 1), edizione Middle East 2018 (SDME) nel deserto di Dubai, hanno felicemente intercettato i bisogni aziendali sopracitati. Ciò ha permesso di sviluppare e sperimentare nel concreto, nell'arco dei due anni, modelli, metodi, strumenti, esiti progettuali ed esecutivo-cantieristici di seguito brevemente documentati.

Al fine di facilitare le operazioni di "esportazione" è stato messo a punto un preciso concetto di processo progettuale, produttivo ed esecutivo che favorisce la "trasportabilità" del sistema, sostituendo un sistema ibrido (fondato su tecnologie leggere e "a secco") ai modelli costruttivi con lavorazioni completamente *on-site* o interamente con industrializzazione/prefabbricazione *off-site* (Cobbers and Jahn, 2010; Serrats, 2012).

Metodi e fasi della ricerca: un progetto esecutivo per l'ottimizzazione del processo costruttivo

Lo studio sopracitato ha preso spunto dall'intenzione di Xlam Dolomiti s.r.l., azienda italiana che produce pannelli portanti a strati incrociati di tavole di legno

(CLT), di allargare il proprio mercato di riferimento. La ricerca ha tradotto questa esigenza nella messa a punto di un modello di progettazione esecutiva finalizzato all'esportabilità di un sistema costruttivo complesso. La strategia generale è quella di inserirsi in luoghi geograficamente e culturalmente diversi da quelli consueti e molto distanti dai modelli di stampo europeo e anglosassone;

portability" the set of factors that guarantee the success of the concept in a different environment than the one in which it was conceived; on the other, its "transportability", with several requirements to meet in order to materially export the system and apply it with a off/on-site strategy.

The economic implications are also based on the companies' constant need to trigger new network opportunities for penetration of their products and technologies in new markets. This leads to explore novel models of the construction process and to rethink the established production and distribution chains, strategies, and arrangements. This is a driver to innovate and activate networks of interests between stakeholders and productive agents, to which university's scientific research can significantly contribute, especially with regards to pre-design approach

and construction development (scientific implications).

The paper presents the first outcomes of the research, proposing the definition of a new method to address construction design and its production process, and describes the experience of its application to a case study. In fact, starting in 2016, the participation to the international academic competition Solar Decathlon (Fig. 1), Middle East 2018 edition (SDME) in the desert of Dubai, matched the above-mentioned business goals. Over the two years of the project, this event allowed developing and testing models, methods, tools, and design/construction outcomes briefly described below. With the aim of easing the export operations, a precise design, production, and construction strategy has been developed to support the "transportability" of the system, proposing a hy-

brid system (based on lightweight and dry-fix technologies) as an alternative to conventional construction models with processes either completely on-site or entirely prefabricated off-site (Cobbers and Jahn, 2010; Serrats, 2012).

modelli dove, pur con tradizioni costruttive diverse, il mercato degli edifici in legno è già diffuso e sempre più radicato nella cultura costruttiva (Steffen, 2013; Boarin *et al.*, 2016). La convergenza di questa esigenza con l'esperienza condotta per SDME è stata l'occasione per documentare una prima applicazione delle strategie sviluppate ad un caso studio, a supporto dei principi di sperimentazione inizialmente enucleati, dichiarando la centralità del progetto esecutivo per governare al meglio il processo di realizzazione in tempi estremamente ridotti. SDME ha richiesto di realizzare un edificio prototipo di innovazione tecnologica e autosufficiente energeticamente con lo scopo di innescare processi virtuosi nel mercato edilizio. Le restrittive regole della gara prevedono che, dopo due anni di progettazione, l'edificio venga costruito in due settimane. La rapidità richiesta ha indotto lo studio di un processo costruttivo che permettesse un assemblaggio rapido, indirizzando la scelta proprio sul sistema costruttivo in pannelli strutturali del tipo XLAM, reinterpretato secondo nuove procedure di assemblaggio.

Tale processo progettuale innovativo, sviluppato a partire dalle esigenze degli Emirati Arabi, ma adattabile ad altri contesti costruttivi in via di sviluppo, mira a modificare l'esperienza costruttiva tradizionale richiamando la centralità della fase meta-progettuale, come modello di coordinamento di tutte le fasi realizzative.

Il modello proposto articola il processo costruttivo in tre momenti, coincidenti con le fasi di sviluppo della ricerca e di seguito documentati:

- fase 1: progettazione esecutiva, produzione dei sub-componenti strutturali (Paese di origine) e spedizione nel Paese di destinazione;

brid system (based on lightweight and dry-fix technologies) as an alternative to conventional construction models with processes either completely on-site or entirely prefabricated off-site (Cobbers and Jahn, 2010; Serrats, 2012).

Research methods and phases: construction design to optimize the building process

The study took inspiration by the intention of Xlam Dolomiti srl, an Italian producer of cross-laminated timber panels (CLT) with load-bearing function, to expand its market horizon. The research has translated this need into the development of a construction design model aimed at the exportability of such complex construction system. The general strategy is to enter markets that are geographically and culturally different from the origin ones, and

very far from the European and Anglo-Saxon models, where timber buildings are already common and increasingly rooted in the building culture (Steffen, 2013; Boarin *et al.*, 2016), even if with different construction traditions.

The matching necessity of the CLT company with the needs for the SDME offered the opportunity to report the first application of the developed strategies to a case study, to support the experimental principles mentioned before, expressing the relevance of the construction design to efficiently manage the building process in a very short time. The SDME requested to build a technologically innovated and energy self-sufficient prototype building, with the aim of activating best-practices in the construction market. The strict rules of the competition imply that, after a 2-year design process, the building would be built in a

01 | Nella prima immagine, panoramica con gli edifici ultimati del Solar Decathlon 2009, Washington D.C., USA. Nella seconda immagine, il Solar Decathlon Middle East 2018, Dubai, UAE. Sulla sinistra, alcuni dei tendoni per i servizi centralizzati; al centro, uno dei lati frontali della spianata con alcuni degli edifici in gara; sullo sfondo, l'alto Innovation Centre simbolo del parco fotovoltaico, visibile nel deserto da molti chilometri di distanza. I team internazionali di studentesse, studenti e insegnanti universitari, supportati da aziende ed enti, si impegnano per due anni con l'obiettivo di progettare e poi arrivare a realizzare in sole due settimane una propria idea di costruzione innovativa ed energeticamente autosufficiente. L'edificio parteciperà poi direttamente alla competizione finale, dove verrà monitorato e giudicato secondo dieci criteri di gara (foto a sinistra: Richard King, Director of the U.S. Department of Energy Solar Decathlon; foto a destra: Pietromaria Davoli)

The first image shows the overview of the completed buildings of the Solar Decathlon 2009 in Washington D.C., USA. The second image shows the Solar Decathlon Middle East 2018 in Dubai, UAE. On the left, some of the tents for public services; in the centre, one of the front sides of the esplanade with some of the competing buildings; in the background, the tall Innovation Centre, landmark of the photovoltaic park and visible in the desert from many kilometres apart. The international teams of students and faculties, supported by companies and institutions, are committed for two years to the objective of designing and build in just 2-week time their own proposal of innovative and energy self-sufficient house. The buildings then compete in the final contest, where they are monitored and judged according to ten competition criteria (photo on the left: Richard King, Director of the U.S. Department of Energy Solar Decathlon; photo on the right: Pietromaria Davoli)



- fase 2: assemblaggio dei sub-componenti in componenti strutturali bi o tridimensionali ed eventuale pre-assemblaggio dell'edificio (Paese di destinazione);
- fase 3: assemblaggio finale dell'edificio in cantiere (Paese di destinazione).

La fase 1, quella della progettazione esecutiva e successiva produzione, prevede una logistica a grande distanza dal cantiere dove si reperisce più facilmente la materia prima. La sfida è il trasferimento efficiente delle conoscenze costruttive italiane per 'tradurre' le regole che ne sottendono la costruzione, senza abbassare il livello finale della qualità edilizia. I dettagli costruttivi

messi a punto in questa fase sono *experience-based* e mirano ad essere sempre customizzabili ai principi esigenziali delle normative e della cultura dei nuovi mercati edilizi. Grazie a modelli *off-site*, con elementi industrializzati, a processi di prefabbricazione, a sistemi modulari e alla possibilità di pre-assemblaggio (Tatum *et al.*, 1986; Vanegas *et al.*, 2002; Lu *et al.*, 2018) si aggiunge ai noti vantaggi di economicità e sostenibilità, riconosciuti da molti anni in particolare dall'Unione Europea (Nihar *et al.*, 2017) una risposta effettiva alla complessità di esportazione degli elementi costruttivi. Questa fase è connotata da processi virtuosi di *Life Cycle Assessment* di filiera e di prodotto delle tecnologie leggere

2-week time only. The required speed led to study a construction process that allowed a fast assembly, targeting the CLT structural system and reinterpreting it according to new assembly procedures. This innovative design process, developed from the needs of the United Arab Emirates (UAE) but adaptable to other developing countries (construction-wise), aims at modifying the traditional construction practices by stating the significance of the pre-design phase as a method to coordinate the following construction phases. The proposed model formulates the construction process in three stages, matching with the below-listed research development phases:

- phase 1: construction design, fabrication of structural sub-components (at country of origin) and shipment to the country of destination;

- phase 2: assembly of sub-components in structural 2-D or 3-D components and potential building pre-assembly (at country of destination);
- phase 3: building assembly at final site (at country of destination).

Phase 1, concerning the construction design and the following fabrication of sub-components, implies a logistics at long distance from the final site, where it is easier to retrieve the raw matter. The challenge is the efficient transfer of Italian construction expertise to "translate" the construction rules, without compromising the final level of building quality. The construction details developed in this phase are experience-based and aim to be always customizable to the requirements of the regulations and culture of any receiving building market. The off-site models with industrialised products, the prefabrication processes, the mod-

ular systems, and the possibility of pre-assembly (Tatum *et al.*, 1986; Vanegas *et al.*, 2002; Lu *et al.*, 2018) provide an actual response to the complexity of exporting the construction elements, in addition to the known economic and sustainability advantages, particularly acknowledged by the European Union since many years (Nihar *et al.*, 2017). This phase is characterized by Life Cycle Assessment best practices of the supply chain of lightweight technologies (Campioli and Lavagna, 2013; Martinez-Rocamora *et al.*, 2016), other than a significant reduction in CO₂ emissions (Hong Dong *et al.*, 2015), thanks to the use of the timber construction system. These sustainability features can balance out the environmental impact and energy cost related to its export.

As far as shipping is concerned, the transportation of the construction ele-

ments faces the issue of their large size, traditionally standardized for road transport. For this reason, the first part of the construction design concerned the breakdown of wall and floor panels (prefabricated components) into smaller elements (sub-components) to allow shipping a compact pre-kit composed of 2-D elements. Figure 2 shows the sub-components schedule for wall panels.

The detailed study of the sub-components' connection systems has been strategic, both for checking the static safety and site construction, to construct the composed components. The computer-assisted design and the CNC fabrication allow labelling each sub-component with a unique identification code that, thanks to the elaboration of an assembly manual, allows an easy and quick organization of the construction site.

(Campioli e Lavagna, 2013; Martinez-Rocamora *et al.*, 2016), oltre che da una riduzione sensibile delle emissioni di CO₂ (Hong Dong *et al.*, 2015), grazie all'uso della tecnologia in legno. Queste caratteristiche di sostenibilità possono compensare gli impatti ambientali e i costi energetici legati all'espportazione.

Per quanto riguarda la spedizione, il trasporto via nave degli elementi costruttivi pone il problema della dimensione degli stessi, tradizionalmente standardizzata per il trasporto su gomma. Per questa ragione, la prima parte della progettazione esecutiva ha riguardato la scomposizione dei pannelli parete/solaio (componenti prefabbricati) in sub-componenti per assicurare una spedizione secondo un pre-kit compatto ad elementi bidimensionali. La figura 2 mostra l'abaco di scomposizione delle strutture di elevazione verticale.

Il dettagliato studio esecutivo dei sistemi di connessione tra i sub-componenti è stato strategico, sia in termini di sicurezza statica, sia di cantierizzazione, per ricostruire l'unitarietà dell'elemento ricomposto. La progettazione assistita e il ciclo produttivo a controllo numerico permettono di assegnare a ciascun sub-componente un proprio codice identificativo che, grazie alla creazione di un manuale di montaggio, consente una facile e veloce organizzazione del cantiere.

La fase 2 del processo è interessata nuovamente da operazioni *off-site*, per continuare ad assicurare elevati livelli di qualità, però più vicino al cantiere, nel paese di destinazione, ed è individuata dalla procedura di rapido assemblaggio a secco dei sub-componenti in componenti di dimensioni maggiori (Fig. 3).

In questa fase il modello esecutivo propone due possibili strade: inviare i componenti strutturali montati (elementi bidimensionali) al cantiere per il successivo assemblaggio finale in sito,

Phase 2 of the process once again accounts for off-site operations, to keep ensuring high quality levels, closer to the final construction site (at country of destination), and concerns the fast dry-fix assembly of the sub-component in larger components (Fig. 3).

At this phase, the construction model proposes two options: sending the assembled structural components (2-D elements) to construction site for the final on-site assembly of the building, or proceed off-site to a further pre-assembly of 3-D modules of the building (service units, technical rooms, significant parts of the volume to be built). The second option (implemented in the case study of the SDME) can be beneficial, and therefore needs to be considered from the early-stage of the construction design: if the construction site logistics is uneasy, or in case of unfavourable climatic conditions, a

preventive control of the construction phases can positively influence the final result.

For both option, the level of customization of the project or specific requirements of the construction site would suggest whether the further application of insulation, finishing layers, and MEP systems set-ups should/could be addressed off-site (option tested for the SDME) or, according to conventional methods, directly on site. The first case is closer to the lightweight prefabrication of Platform systems, which limits the flexibility on-site, but eases the process in relation to the above-mentioned issues; the second case speeds up the first part of the construction, leaving the customization of the project to the final assembly on site.

Phase 3 of the construction process (Fig. 4) occurs at the final site, where the 2-D components, or the pre-as-

sembled 3-D modules, are delivered via road transport (by means of conventional trucks) to be assembled for the final construction of the building.

oppure associarvi anche il pre-assemblaggio *off-site* di porzioni tridimensionali dell'edificio (nuclei di servizio, vani tecnici, parti significative del volume da costruire). Questa scelta (adottata nel caso studio di SDME) può essere vantaggiosa, e quindi è utile prevederla fin dallo stadio di concept esecutivo, quando la logistica del cantiere è disagiata o in situazioni climatiche avverse per le quali un controllo preventivo di alcune fasi costruttive può influenzare positivamente il risultato finale. In entrambe le alternative, il livello di personalizzazione del progetto o esigenze specifiche del cantiere suggeriscono se la successiva aggiunta di *layer* isolanti e di finitura e predisposizioni impiantistiche, dovrà/potrà essere realizzata *off-site* (opzione testata per SDME) o, secondo modelli più tradizionali, direttamente in sito. Il primo caso si avvicina ai principi di prefabbricazione leggera già sperimentati con la tecnologia *Platform*, che limita la flessibilità in opera, ma facilita il processo di fronte alle complessità prima delineate. La seconda opzione, invece, velocizza la prima parte della costruzione lasciando all'assemblaggio finale in sito la personalizzazione del progetto.

La fase 3 del processo costruttivo (Fig. 4) è quella del cantiere, in cui i componenti bidimensionali montati, o eventuali nuclei tridimensionali pre-assemblati, arrivano grazie al trasporto su gomma (con mezzi di tipo convenzionale), per essere assemblati per la realizzazione dell'edificio.

Applicazione del progetto esecutivo al caso studio: il prototipo per SDME

Il consistente lavoro svolto in fase di progettazione esecutiva e nella fase 2 di assemblaggio dei sub-componenti e di pre-assemblaggio dell'edificio (nel campus universitario di Sharjah) ha

sembled 3-D modules, are delivered via road transport (by means of conventional trucks) to be assembled for the final construction of the building.

Application of the construction design to the case study: the prototype for SDME

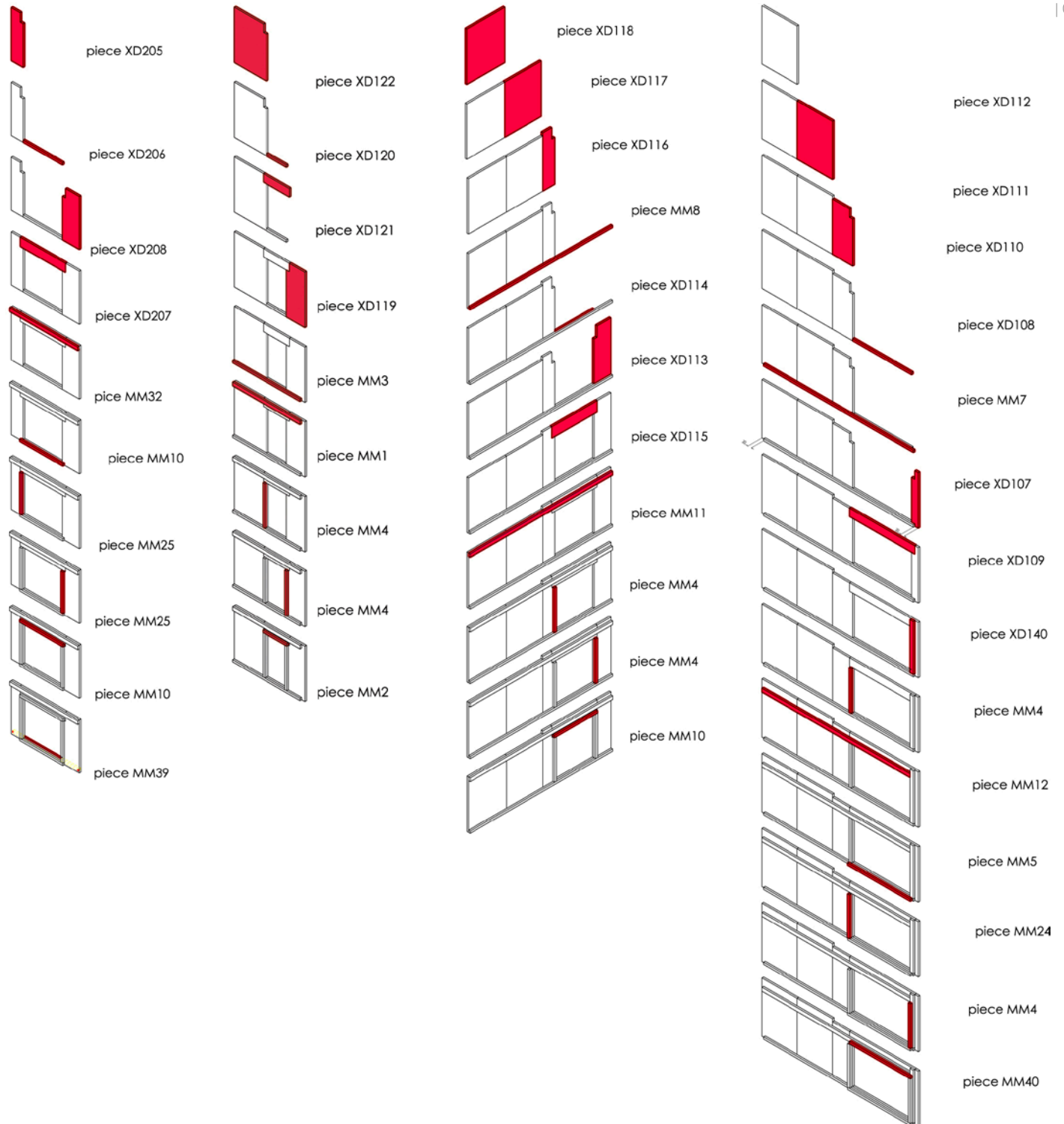
The considerable work done at the construction design phase and at the phase 2 of assembly of sub-components and pre-assembly of the building (at the university campus in Sharjah) made a basic construction site (phase 3) sufficient for the safe and quickly final assembling of the building. This also allowed the employment of unskilled labourers side-by-side students of the Universities of Sharjah and Ferrara (youngster with little or no practical know-how regarding prefabricated wood technologies), as required by the academic nature of the SDME competition.

Table 1 describes the technical data of the construction process completed in phases 1 and 2. In 14 days and with 1 team of 7 people it was possible to pre-assemble the structure of the entire building during phase 2. This was necessary, in this specific situation, due to the very short time allowed for construction at the final contest (construction phase 3) to better manage the prototype's complex assembly.

The detailed fabrication of the sub-components (in phase 1) allowed the manufacturer to load them in the containers according to a precise order, which then considerably eased and speeded up the unloading/storing operations (Fig. 5) to prepare for the following phase 2 (sub-component assembly). This organized stacking of the sub-components into the containers also allowed optimizing the volume, minimizing the number of containers

02 | Fase 1: tavola del progetto esecutivo, con estratto dell'abaco dei sub-componenti nei quali si scompongono i componenti strutturali. L'abaco si configura come un kit per agevolare il successivo montaggio dei componenti (fase 2 del processo) prima di arrivare in cantiere (fase 3) (elaborazione: Team Know-howse di cui fanno parte gli autori)

Phase 1: construction design drawings with an extract from the sub-components schedule with the breakdown of the structural components. The schedule acts as a kit to ease the following assembly of the sub-components in components (phase 2 of the process) before reaching the construction site (phase 3) (elaboration: Team Know-howse of which the authors are members)



03 | Tavola del progetto esecutivo: esempio delle dettagliate informazioni per il montaggio dei sub-componenti (fase 2). Il manuale di montaggio riporta la posizione precisa dei sub-componenti affinché venga ricomposto il pannello-parete portante (componente). La ricchezza di informazioni, sia sulle connessioni, sia sulla posizione degli elementi da montare, facilita la ricostruzione anche da parte di operatori non specializzati (elaborazione: Team Know-howse)

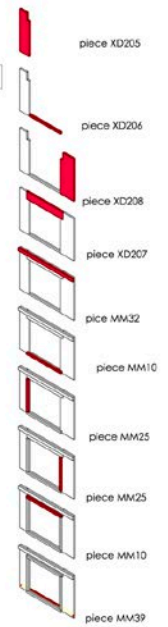
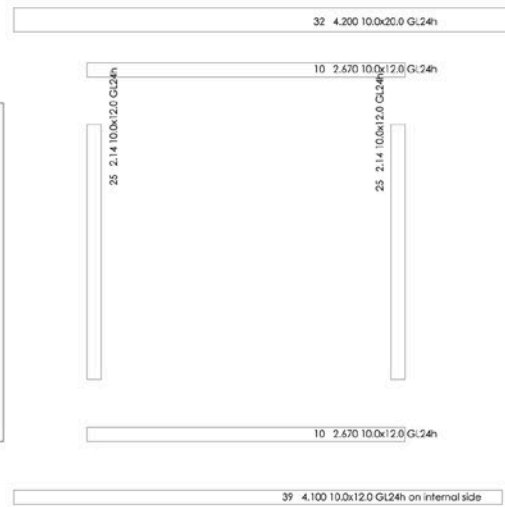
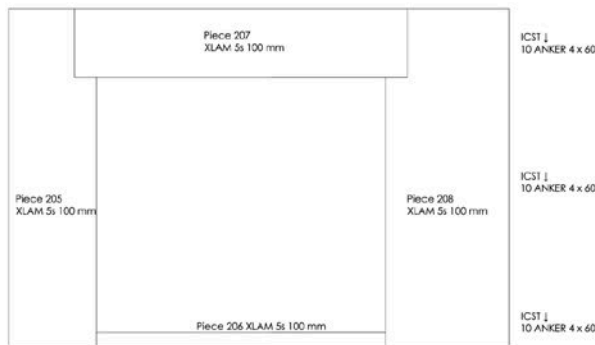
Construction design drawings: example of the detailed information for assembling the sub-components (phase 2). The assembly manual shows the precise location of each sub-component to compose the bearing-wall panel (component). The abundance of information, both on the connections and on the location of the elements to be assembled, allows the reconstruction even by non-specialized labourers (elaboration: Team Know-howse)

03 | WALL I

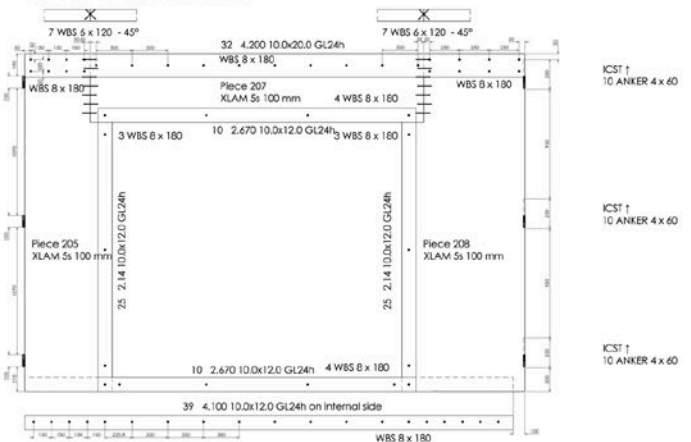
External view - Explose of Xlam Panels



External view



External view - Assembly with screw - first layer



to be shipped; as a consequence, it produced economic savings and reduced emissions of greenhouse gases associated with transport. The accurate construction design model assisted the connection (phase 2) of the 2-D components and 3-D modules (Fig. 5) by means of conventional hardware joint. This phase allowed testing this original construction process, never considered before in a conventional CLT construction site. Figure 5 shows the following pre-assembly of the structural system of the building. The pilot construction highlighted some critical issues, which partially occurred, and partly were only detected as potential:

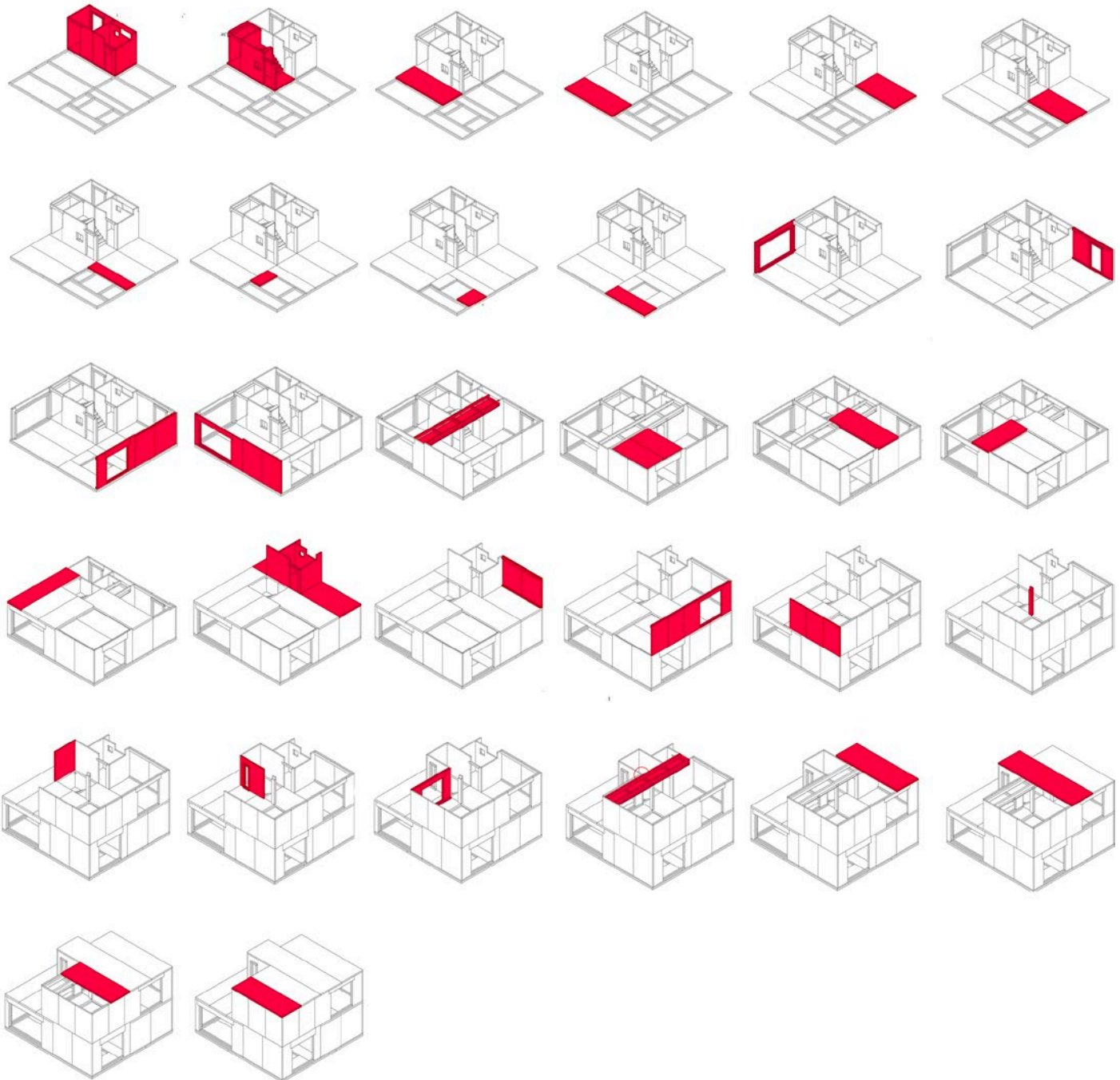
- difficulty to find suppliers of special tools for woodworking, usually not owned by local contractors, caused delays and inaccuracies in construction (corrective measure: specify the necessary tools in the assembly manual and provide them in the shipment);
- the time required for the shipment of the material (in this case about 30 days) delays the submission, even if the timber construction still allows shorter construction time than with conventional systems;
- the margin of error in labelling the sub-components could jeopardize the unloading operation of the container;

- the fast assembly, proper of the timber system, could be delayed by the contingency of sub-components forgotten or damaged in the shipment (corrective measure: provide spare parts to be adapted on site).
- Once completed the pre-assembly phase 2, the building structure was provided with MEP systems and complementary layers and finishes (Fig. 6), taking care to set these up for the forthcoming disassembly of the components/3-D modules and their transport to competition site (Fig. 6), where the final assembly prepared the building for the contest (Fig. 7). The final assembly (phase 3) complied with the competition deadlines, with-

out highlighting any particular critical issue. The reason for this success is to be found in the advanced programming of the construction design (including the full MEP systems, for the SDME), capable of allowing on-site modification and flexibility that solved the ordinary inaccuracies occurred in the pre-assembly. This was possible thanks to the CLT material adaptability, not characterizing the traditional heavy prefabrication systems (rigid due to standardized pieces following assembly rules that cannot be disregarded, and due to the nature of the material that requires new calculations at each variation). The above-described experience al-

04 | Assemblaggio in cantiere (fase 3). I componenti montati off-site vengono assemblati in sito per la realizzazione dell'edificio nel luogo di costruzione. Come si vede dalla tavola di progetto, il modello esecutivo prevede specifiche fasi di assemblaggio attraverso le quali, rapidamente e limitando le interferenze, le porzioni di edificio si compongono secondo un'univoca sequenza. Nel caso di SDME, nella fase 2 di montaggio sono state pre-assemblate porzioni tridimensionali dell'edificio per velocizzare ulteriormente l'assemblaggio finale. Nello specifico si sono realizzati off-site i due servizi igienici, il corpo scale e i plenum impiantistici (elaborazione: Team Know-howse)

On-site assembly (phase 3). The components composed off-site are assembled on-site for the construction of the building. As shown in the project drawing, the construction model implies specific assembly phases to assemble the portions of the building according to a unique sequence, quickly, and limiting delays. In regards to the SDME, 3-D modules of the building were pre-assembled at phase 2 to speed up the final assembly on-site. Specifically, the bathroom pods, the staircase, and the plenums for the MEP systems were built off-site (elaboration: Team Know-howse)



| 04

lowed developing and testing the new construction process on-site, within the UAE market. The case study shows the encouraging potential of the operation, with special regard to its success in a building market such as the UAE

one. The obstacles connected to this environment, for which the developed construction model can represent a possible solution, are mainly two. First of all, a construction market based on immigrant labour coming from com-

pletely different backgrounds (and therefore without any experience in the construction sector), under 2-year contracts, and for which the employer does not invest in training. This negatively affects the construction, its qual-

ity and its schedule. Therefore, the building quality guaranteed by the proposed systems (although achieved in a very short construction time) assumes significant strength. Secondly, the UAE, and especially

Tab.01 | Tempistiche e risorse necessarie per il processo costruttivo nelle fasi 1 e 2 per SDME
Schedule and required resources for the construction process at phases 1 and 2 for SDME

consentito di condurre un cantiere finale (fase 3) snello ed essenziale, capace di assemblare velocemente il manufatto. Questo ha permesso, inoltre, di impiegare operai non specializzati affiancati, come richiesto dalla natura accademica del concorso SDME, dagli studenti delle Università di Sharjah e di Ferrara (giovani con poco o nessun know-how pratico riguardo alle tecnologie di prefabbricazione in legno).

La tabella 1 descrive i dati tecnici del processo costruttivo svolto nelle fasi 1 e 2, evidenziando come in soli 14 giorni e con 1 team composto da 7 persone si è potuto pre-assemblare la struttura dell'intero edificio durante la fase 2. Questo, infatti, si è reso necessario nel caso specifico a causa delle tempistiche di costruzione estremamente ridotte previste per il contest finale (fase 3 di cantiere) per gestire al meglio la complessità realizzativa del prototipo.

La dettagliata fabbricazione dei sub-componenti (nella fase 1) ha permesso al produttore di caricarli nei container secondo un

preciso ordine, che ha poi notevolmente facilitato e velocizzato le operazioni di scarico (Fig. 5) in funzione della successiva fase di assemblaggio dei sub-componenti (fase 2). Tale organizzazione dei sub-componenti ha inoltre consentito di ottimizzarne lo spazio, minimizzando il numero di container da spedire, con conseguente risparmio economico e ridotte emissioni di gas serra associate al momento del trasporto.

Il modello di progetto esecutivo messo a punto ha facilitato il montaggio (fase 2) dei componenti bidimensionali e dei moduli tridimensionali (Fig. 5) mediante ferramenta convenzionale. Questa fase ha permesso di testare il processo costruttivo del tutto originale, non contemplato nel cantiere in CLT tradizionale. Sempre nella figura 5 si documenta il successivo pre-assemblaggio del grezzo strutturale dell'edificio.

Il cantiere pilota ha evidenziato alcune criticità, in parte effettivamente verificatesi, in parte solamente rilevate come potenziali:
 - il difficile reperimento di appositi strumenti per la lavorazio-

Tab.01 |

Project phases	Task	Time [days]	Resources [containers/workers/equipment]
Phase 1 Production & shipping	Loading (at origin) 150 (CLT and Glulam elements) loose sub-components in an organized fashion	1	1 skilled* foreman 4 skilled* labourers 1 crane and rigger
	Shipping From Venice commercial port (Italy) to Sharjah commercial port (UAE)	30	If loose sub-components: 1 container - 40' open-top 1 container - 20' open-top
	Unloading (at destination) to create organized piles of sub-components	1	1 unskilled* foreman 4 unskilled* labourers 1 crane and rigger
Phase 2 Components' building & building pre-assembly	Building 12 structural components and 3D modules (by the sub-components assembly)	6	1 team** comprising: 1 skilled* labourer 2 unskilled* labourers 1 crane and rigger
	Pre-assembly of the building (by the structural components and 3D modules assembly)	6	1 team comprising: 1 skilled* foreman 1 rigger 4 unskilled* labourers
Summary		14	1 container - 40' open-top 1 container - 20' open-top 1 skilled* foreman 1 unskilled* foreman 1 skilled* labourer 4 unskilled* labourers 1 crane and rigger

*refers to expertise in timber construction

**if multiple teams are involved, the time to complete the task decreases accordingly

05 | Fase 1 (in alto): uno dei due container contenenti i sub-componenti prodotti in Italia e arrivati via nave alla University of Sharjah, UAE. Le operazioni di scarico sono state gestite da 1 direttore lavori non specializzato, 1 gru (con operatore) e 4 operai non specializzati. L'organizzazione a pile è stata agevolata dalla precisa numerazione di ogni sub-componente. Fase 2 (in basso): montaggio dei componenti strutturali e pre-assemblaggio dell'edificio. In evidenza il pannello-parete di cui al dettaglio tecnico di figura 3, montato e sollevato per essere collocato nell'area di stoccaggio (prime due immagini in basso). Pre-assemblaggio del grezzo strutturale con, nel dettaglio: il sollevamento di un componente-parete (in basso al centro) per il suo posizionamento in opera; il parziale pre-assemblaggio del primo piano (in basso a destra). La squadra (con un solo operaio specializzato) che segue il manuale esecutivo per il montaggio dei componenti (in alto a destra) (foto:Vittorino Belpoliti)

Phase 1 (top): one of the two containers with the sub-components produced in Italy and delivered by boat at the University of Sharjah, UAE. The unloading operations were managed by 1 non-specialized foreman, 1 crane (with rigger), and 4 unskilled labourers. The precise labelling of each sub-component eased the organization in piles. Phase 2 (bottom): assembly of the structural sub-components in components and pre-assembly of the building. The image shows the wall-panel displayed in the technical detail of figure 3, composed and lifted by the crane to be placed in the storage area (first two images below). Pre-assembly of the building structure: detail of a wall component (bottom-centre) lifted for its positioning; partial pre-assembly of the first floor (bottom-right). The team (with 1 skilled labourer only) that follows the construction manual for assembling the sub-components (top right) (photo:Vittorino Belpoliti)

ne del legno, usualmente non in possesso delle imprese locali, ha causato ritardi e imprecisioni nelle lavorazioni (correttivo: indicare già nel manuale di montaggio gli strumenti necessari e fornirli nella spedizione);

- il tempo necessario per la spedizione del materiale (in questo caso circa 30 giorni) dilata le tempistiche, anche se il modello costruttivo consente comunque cantieri più brevi rispetto a quelli con sistemi convenzionali;
- il margine di errore nella catalogazione dei sub-componenti potrebbe mettere in crisi le operazioni di scarico del container;
- l'imprevisto che un sub-componente venga dimenticato o danneggiato nella spedizione potrebbe vanificare le vantaggiose tempistiche di cantiere (correttivo: prevedere alcuni sub-componenti di scorta da adattare in opera).

Una volta finita la fase 2 di pre-assemblaggio, si è optato per dotare l'edificio di impianti, stratigrafie complementari e finiture (Fig. 6), facendo attenzione a predisporre questi per l'imminente disassemblaggio e trasporto al sito di concorso dei componenti/moduli tridimensionali (Fig. 6), dove l'assemblaggio finale ha reso pronto l'edificio stesso per il contest (Fig. 7).

L'assemblaggio finale (fase 3) ha rispettato le tempistiche di concorso, senza evidenziare particolari criticità. La ragione di tale successo è proprio da ritrovarsi nella evoluta programmazione esecutiva (per SDME inclusiva dell'intero apparato impiantistico), capace di ammettere variazioni e flessibilità in opera che hanno risolto le fisiologiche imprecisioni avvenute nel pre-as-

semblaggio. Ciò è stato possibile grazie all'adattabilità materica del CLT, al contrario del tradizionale prefabbricato pesante (rigido sia a causa di pezzi standardizzati con regole di montaggio non derogabili, sia della natura del materiale che necessita di nuovi calcoli ad ogni variazione).

L'esperienza appena documentata ha permesso di mettere a punto e testare sul campo, all'interno del mercato emiratino, il nuovo processo costruttivo. Il caso studio fa emergere potenzialità incoraggianti di successo dell'operazione, in particolare per un mercato edilizio come quello degli UAE. Le criticità che caratterizzano tale contesto, per le quali il modello di progettazione esecutiva messo a punto può rappresentare una possibile soluzione, sono prevalentemente due. Innanzitutto, un mercato delle costruzioni che si basa su maestranze di immigrati provenienti da attività completamente diverse (e quindi senza alcuna esperienza nel settore edile), messe sotto contratto per periodi di soli due anni e per i quali, di conseguenza, il datore di lavoro non investe nella formazione. Ciò influenza negativamente il cantiere, la sua qualità e le sue tempistiche. Assume dunque una forza significativa la qualità edilizia garantita dai nuovi sistemi proposti, pur con un'estrema velocità di cantiere.

In secondo luogo, gli UAE, e specialmente Dubai, stanno diversificando le strategie economiche (UAE Vision 2021), rafforzando i settori turistico e imprenditoriale e divergendo dall'uso esclusivo del petrolio quale risorsa energetica (Said *et al.*, 2018). Tuttavia, il settore delle costruzioni rimane oggi il principale



06 | Fase 2 (in alto): esecuzione degli strati di completamento e delle finiture sul grezzo strutturale. In evidenza la posa di isolamento, barriera al vapore, placcature, elementi metallici e della pelle esterna in tessuto teso. Fase 3 (in basso): disassemblaggio dell'edificio e carico dei componenti/moduli tridimensionali (già con predisposizioni impiantistiche e finiture) sui mezzi di trasporto al sito di assemblaggio finale (contest di gara) (foto:Vittorino Belpoliti)

Phase 2 (top): installation of finishing layers on the structure, including insulation panels, vapour barrier, panelling, metal hardware, and outer skin in tensile fabric. Phase 3 (bottom): disassembly of the building and loading of 3-D modules (already provided with finishing and MEP systems set-up) on the trucks for the transportation to the final assembly site (competition contest) (photo: Niccolò Di Virgilio)

06 |



motore di sviluppo del Paese. Le previsioni di crescita demografica, pari al 6,5% annuo (Dubai Statistic Centre, 2016), e l'imminente traguardo di Expo 2020 hanno ulteriormente accelerato la già inarrestabile attività edilizia. Ciò fa supporre che tecnologie edilizie di veloce realizzazione (a fronte di una qualità certa del risultato e di una spesa contenuta) possano inserirsi nel mercato degli UAE in alternativa o a integrazione del sistema costruttivo

convenzionale in cemento armato, che oggi manifesta anche limiti in riferimento all'origine e al *Life Cycle Assessment* delle materie prime.

In questo scenario i sistemi costruttivi a secco in legno possono rappresentare un'alternativa, perché contraddistinti da un vantaggioso *carbon footprint*, grazie alla filiera controllata di crescita, taglio e produzione.

Dubai, are diversifying economic policies (UAE Vision 2021), strengthening the tourism and business sectors and diverging from the exclusive use of oil as an energy resource (Said *et al.*, 2018). However, the construction sector remains today the country's main driver of the development. The population growth forecasts of 6.5% per annum (Dubai Statistic Center, 2016) and the upcoming goal of Expo 2020 have further accelerated the already unstoppable construction activity. This implies that fast-to-build construction technologies (standing the high quality of the outcome and the contained expense) can fit into the UAE market as alternative or integration to the conventional reinforced concrete construction system, which today also manifests limits in regards to the origin and Life Cycle Assessment of its raw matter.

Within this scenario, dry-fix timber systems can represent an alternative, as they are characterized by an advantageous carbon footprint granted by the controlled chain of growth, harvesting, and fabrication.

Outcomes and final discussion

The developed construction approach allowed exporting the CLT-based construction system in a new market, managing at the same time the transportability of the construction elements in an efficient manner and offering margins of economic feasibility to the export of the product. The experience and the prototype for the SDME represent the first pilot project (concrete outcome of the research and tangible proof of achievement of the proposed objectives) of the ongoing design and construction experimentation. As following developments of the

research, in order to move from the mere experimentation to an extended application to the market, it will be necessary to focus on the corrective measures, highlighted on site, that might limit the potential of the construction model (for instance the ones already mentioned in the previous paragraph, or the need to reach the right calibration of finishing levels between phase 2 and phase 3). The developed procedure, beyond the specific aspects for the SDME, is based on strategic factors in a more general perspective of repeatability:

- eco-compatibility and recyclability of materials, with certified supply chain, LCA, and environmental label;
- environmental and economic sustainability of the process;
- reduction of the production waste scraps;

- transportability and optimization of the system (use of lightweight technologies to reduced the transported weight);
- combinability of components to adapt to different functional requirements;
- fast construction of phase 3 (particularly useful to solve construction problems in remote sites, with problems of accessibility or with labourers exposed to environmental hazards, and to limit on-site construction-related pollution);
- ease of disassembly/reversibility in the case of temporary construction until disposal (for itinerant relocation, or for temporary use/reconfiguration of a «transportable» and «transformable» building - Zanelli, 2003).

The CLT standardized structural technology, integration/evolution of tradi-



Risultati e riflessioni conclusive

Il progetto esecutivo elaborato ha permesso di esportare il sistema costruttivo basato sulla tecnologia CLT in un nuovo mercato, gestendone parallelamente la trasportabilità degli elementi costruttivi in maniera efficiente e offrendo margini di fattibilità economica all'esportazione del prodotto.

L'esperienza e il prototipo per SDME rappresentano il primo progetto pilota (esito concreto della ricerca e prova tangibile del raggiungimento degli obiettivi proposti) della sperimentazione progettuale ed esecutiva in corso.

Come successivi sviluppi, per passare dalla sperimentazione a una possibile riproposizione più estesa sul mercato, si dovranno studiare i correttivi ai limiti del modello evidenziati dalle fasi di cantierizzazione (v. a esempio quelli già espressi nel precedente paragrafo o la necessità di arrivare alla giusta calibrazione fra i livelli di finitura dei componenti fra la fase 2 e la fase 3).

La procedura messa a punto, al di là degli aspetti contingenti per SDME, si basa su concetti strategici in un'ottica di replicabilità più generale:

tional materials, was proven adequate even for hot climates and with high humidity levels. It is capable to assist a construction design strategy comprising a set of structural elements that can be transported at great distances, and then can be finished with local products (in an interesting "glocal" perspective, to calibrate the performances of the resulting building adapting to the different climates and cultural demands). Although it is mostly acknowledged as imported system, it allows for a good level of involvement of local companies and labourers (social sustainability).

Such features of the developed material and system seem to be a good option especially for developing countries, overall if in urgent needs to accommodate the demographic growth, and therefore can increase their building stock by means of strategies that are

compatible with the planet safeguard. According to the changing needs of the community, the proposed system can provide interesting design ideas for an architecture 'quickly ready to use' that leaves a mark when needed and removes it when it is no longer useful («relocatable building» and «dismantable building» - Kronenburg, 1995), also thanks to its reversibility (Bologna, 2002) and impermanence in sensitive or protected contexts.

- eco-compatibilità e riciclabilità dei materiali, con filiera, LCA e Label ambientali certificati;
- sostenibilità ambientale ed economica del processo;
- limitazione degli sfridi di produzione;
- trasportabilità e ottimizzazione del sistema (impiego di tecnologie 'leggere' con ridotti pesi di trasporto);
- aggregabilità dei componenti per adattarsi alle diverse esigenze funzionali;
- rapidità di costruzione della fase 3 (particolarmente utile per risolvere i problemi di cantierizzazione in luoghi remoti con problemi di accessibilità o criticità ambientali per i laboratori esposti e per limitare i livelli di inquinamento indotti dal cantiere);
- nel caso di esigenze di "temporaneità", facilitazione delle operazioni di disassemblaggio/reversibilità costruttiva (in un'ottica di ricollocamento itinerante o di temporaneità e riconfigurazione di un organismo «trasportabile» e «trasformabile» - Zanelli, 2003), fino alla dismissione.

La tecnologia strutturale standardizzata del CLT, integrazione/evoluzione di materiali tradizionali, si è dimostrata adeguata anche a climi caldi e con forti escursioni di umidità. È in grado di favorire una progettualità esecutiva fatta di un insieme di elementi strutturali trasportabili anche a grandi distanze, che poi possono essere completati in termini stratigrafici con tecnologie maggiormente locali (in un'interessante ottica "glocal", per calibrare le prestazioni adeguandosi alle diverse sollecitazioni climatiche e alle molteplici istanze culturali). Nonostante si connoti in gran parte come tecnologia di importazione, permette, inoltre, un buon livello di coinvolgimento di imprese e maestranze locali (sostenibilità sociale).

Tali prerogative del materiale e del sistema messo a punto sembrano essere un buon viatico soprattutto per i paesi in via di sviluppo e/o con esigenze urgenti di aumento del parco edilizio secondo una crescita compatibile con la tutela del Pianeta. Anche per le condizioni di reversibilità (Bologna, 2002) e non permanenza dell'intervento in contesti sensibili o tutelati, al mutare delle esigenze della collettività, il sistema proposto può fornire interessanti spunti e supporti progettuali per un'architettura 'rapidamente pronta all'uso', che lascia il segno quando serve e lo

toglie quando non più utile («relocatable building» e «demontable building» – Kronenburg, 1995).

ACKNOWLEDGEMENTS

Pietromaria Davoli: first and last paragraph.

Marta Calzolari: second paragraph.

Vittorino Belpoliti: third paragraph.

Gianpaolo Guerzoni: consulting as expert in timber construction systems.

Scheda di progetto/Project data

Titolo/Title	KNOW HOWse
Progettista/Author	Team KNOW HOWse (University of Sharjah, UAE; University of Ferrara, Italy) www.knowhowse.ae
Partners/Consulting partners	Sharjah Investment and Development Authority – Shurooq; Sheikh Zayed Housing Programme
Sponsor, imprese e fornitori/ Sponsors, companies and suppliers	Alba Tower Construction; DUBCO Construction; Xlam Dolomiti; Pandre Special Integration; OffGrid Group of Companies; Schueco Middle East; ALICO Aluminium and Light Industries; Gulf Glass Industries; OHM Star Electromechanic; Bee'ah Sharjah Environment Company; Alufoot; Master Events; Watery International Group; Buzzi & Buzzi; Aquamag - Magnesita Panel Building Material Trading; Al Weqaya Fire Fighting; Soltech; Rothoblaas; Crestron; Hydraloop international; The Mail Room Restaurant & Cafe; Risala Furniture; Italian Industry & Commerce Office in the UAE; Sharjah Architectural Student Association
Committente/Client	Solar Decathlon Middle East 2018 in Dubai
Luogo/Location	Mohammed Bin Rashid Solar Park, Dubai
Dimensione/Size	108 m ²
Tipologia/Typology	Villa indipendente/Independent villa
Tecnologia/Construction system	Prefabbricazione leggera a pannelli in legno a strati incrociati/ <i>Prefabrication with cross-laminated timber panels</i>
Specifiche/Specs	Prototipo innovativo ad elevate prestazioni energetiche/ <i>Innovative prototype with high energy performance</i>
Costo totale/Total cost	€ 650.000
Finanziamenti/Grants	Cash/Cash € 125.000 Materials/Services € 525.000

REFERENCES

- Boarin, P., Calzolari, M. and Davoli, P. (2018), “Two timber construction models: tradition without innovation or innovation without tradition?”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 4, pp. 68-78.
- Bologna, R. (Ed.) (2002), *La reversibilità del costruire. Labitazione transitoria in una prospettiva sostenibile*, Maggioli Editore, Rimini.
- Campioli, A. and Lavagna, M. (2013), “Environmental innovations in the construction sector and life cycle approach”, *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 5, pp. 66-73.
- Cobbers, A. and Jahn, O. (Gössel, P., Ed.) (2010), *Prefab Houses*, TASCHEN, Colonia (Germany).
- Tatum, C.B., Vanegas, J.A. and Williams, J.M. (1986), *Constructability Improvement Using Prefabrication, Preassembly, and Modularization*, Technical Report, Stanford University.
- Dubai statistic centre (2017), “Population by Gender and Age Groups - Emirate of Dubai”, available at: <https://www.dsc.gov.ae/en-us/> (accessed 27th February 2019).
- Fenner, A. E., Kibert, C. J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H. and Lu X. (2018), “The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 94, pp. 1142-1152.
- Kronenburg, R. (1995), *House in Motion. The Genesis, History and Development of Portable Building*, Academy Edition, London.
- Martinez-Rocamora, A., Solís-Guzmán, J.C and Marrero, M. (2016), “LCA databases focused on construction materials: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 58, pp. 565-573.
- Said, Z., Alshehhi, A.A., Mehmood, A. (2018), “Predictions of UAE’s renewable energy mix in 2030”, *Renewable Energy*, Vol. 118, pp. 779-789.
- Serrats, M. (2012), *Prefab Houses. Sostenibili, economici, all'avanguardia*, Logos, Modena.
- Lehmann, S. (2013), “Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions”, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 6, pp. 57-67.
- “UAE vision 2021”, available at: <https://www.vision2021.ae/en> (accessed 27th February 2019).
- Vanegas, J.A., Haas, C.T. and Fagerlund, W.R. (2002), “Construction Industry Institute (CII) Preliminary Research on Prefabrication, Pre-assembly, Modularization, and Off-site Fabrication in Construction. Technical Report”, available at: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/10883> (accessed 22nd February 2019).
- Nanyam, V., Sawhney, A. and Gupta P. (2017), “Evaluating Offsite Technologies for Affordable Housing”, *Procedia Engineering*, Vol. 196, pp. 135-143.
- Lu, W., Chen, K., Xue, F. and Pan, W. (2018), “Searching for an optimal level of prefabrication in construction: An analytical framework”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 201, pp. 236-245.
- Dong, Y., Jaillon, L., Chu, P., Poon, C.S. (2015), “Comparing carbon emissions of precast and cast-in-situ construction methods – A case study of high-rise private building”, *Construction and Building Materials*, Vol. 99, pp. 39-53.
- Zanelli, A. (2003), *Trasportabile Trasformabile. Idee e tecniche per architettura in movimento*, Libreria CLUP, Milano.

ELABORAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO: RIFERIMENTI E CONTRIBUTI SULLO SCENARIO DISCIPLINARE, METODOLOGICO E OPERATIVO

DIALOGHI/
DIALOGUES

Un Dialogo di/A Dialogue of Massimiliano Nastri con/with Maurizio Teora (Arup) e/and Dario Bozzoli (Colombo Costruzioni S.p.A.)

Inquadramento scientifico e sintesi disciplinare: un'introduzione ai contributi specialistici

Il Dialogo si propone di articolare i riferimenti essenziali, teorici e operativi, intorno alla progettazione esecutiva rivolta ai processi di elaborazione (cognitiva e strumentale), di pianificazione e di coordinamento dei contenuti e delle informazioni finalizzate a costituire l'organismo architettonico e le sue parti (in termini espressivi, qualitativi e prestazionali). L'analisi, mediante il contributo di progettisti tecnici, esperti e attivi nello scenario contemporaneo di tipo evoluto, intende sostenere l'elaborazione esecutiva del progetto quale comparto disciplinare correlato agli obiettivi diretti all'interazione tra le finalità morfo-tipologiche, la programmazione tecnico-economica, le fasi di realizzazione e di gestione in esercizio dell'opera (Parise, 2009).

La progettazione esecutiva, che si esplicita in relazione alla fattibilità reale, è indagata come pratica di "elaborazione processuale" (o come "operazione programmatica") diretta alla "proiezione", alla visualizzazione e alla simulazione (in modo sperimentale, per eseguire prove e verifiche)¹: l'elaborazione si definisce allora quale procedimento tecnico di "previsionalità razionale" (con funzione "temporale" e, quindi, "prometeica") per disporre, organizzare e anticipare la produzione e la costruzione dell'opera architettonica, pervenendo alla definizione di un modello di realtà non ancora esistente di cui si manifestano gli aspetti informativi e decisionali (Nastri, 2018b). All'interno di tale scenario costitutivo, la determinazione "esecutiva" si caratterizza come svolgimento della progettazione quale attività concreta ed effettiva per il perseguimento dei fini produttivi e costruttivi², in modo combinato ai processi che riguardano le "direttive" tese ad

attuare le fasi di realizzazione (Mecca, 2002). Il carattere "esecutivo" della progettazione accoglie così la funzione "finalistica" protesa al compimento, alla messa in atto e in pratica dei contenuti, delle indicazioni e delle prescrizioni necessarie alla produzione e alla costruzione (Masera, 2003).

Inoltre, il confronto intorno alla progettazione esecutiva si concentra sui criteri, sugli orientamenti procedurali, sulle modalità di concezione e di redazione degli elaborati esecutivi, intesi quali ausili in grado di esaminare e di esprimere gli aspetti previsionali e di verifica dell'operabilità della costruzione di cantiere³: l'attuazione del progetto esecutivo si esplicita nello stabilire le disposizioni operative, ordinate in forma predittiva e in progressione sia logica sia temporale, in funzione delle modalità prescelte per la realizzazione concreta dell'architettura, che viene prefigurata, anticipata e simulata⁴ (Nastri, 2018a).

Su queste basi, il dialogo assume l'apporto da parte di progettisti esperti impegnati in attività di progettazione tecnica, integrale e di ingegnerizzazione tese a disporre, organizzare e anticipare le fasi di produzione e di costruzione, insieme alla messa a punto degli strumenti per la guida e il controllo della realizzazione.

Formulazione integrale, decisionale e strumentale del progetto esecutivo

Maurizio Teora, Arup

La progettazione esecutiva dell'architettura si delinea quale comparto culturale e professionale, disciplinare e metodologico correlato alle istanze e agli obiettivi rivolti alla fattibilità reale e all'attuazione pratica degli aspetti morfo-tipologici e funzionali, strutturali e connettivi: questo rilevando i caratteri e i modi di svolgimento orientati all'esplorazione e all'anticipazione, alla modellazione e alla si-

La progettazione esecutiva dell'architettura si delinea quale comparto culturale e professionale, disciplinare e metodologico correlato alle istanze e agli

EXECUTIVE DESIGN PROCESSING: REFERENCES AND CONTRIBUTIONS ON THE DISCIPLINARY, METHODOLOGICAL AND OPERATIONAL SCENARIO

Scientific framework and disciplinary summary: an introduction to specialized contributions

The study aims to articulate the essential references, both theoretical and operational, on the executive design direct to (cognitive and instrumental) development, planning and coordination processes of the contents and information to constitute the architectural organism and its parts (according to expressive, quality and performance characters). Through the contribution of technical designers, expert and active within the contemporary and evolved scenario, the purpose of the analysis is to support the executive design as a disciplinary context related to the objectives defined by the interaction between the morfo-typological contents, the economic and technical planning, the building and management phases of the construction (Parise, 2009).

The executive design, which is expressed in relation to the real feasibility, is analyzed as a "processing elaboration" (or as a "programmatically operation") direct to "projection", visualization and simulation (in experimental form, for performing tests and checks)¹: then the elaboration is defined as a technical process of "rational prediction" (with a "temporal" and thus "promethean" function) for arranging, organizing and anticipating the production and construction of architecture, thus reaching a model of reality which is not yet existing of which the information and decision-making aspects are manifested (Nastri, 2018b). Within this constitutive scenario, the "executive" form is characterized as development of the design process as a pragmatic and real activity to pursue the productive and constructive purposes², in combination with

the processes dealing with the "directives" finalized to realize the building phases (Mecca, 2002). The "executive" character of the design thus holds the "finalist" function direct to the accomplishment and implementation of the contents, indications and provisions needed by production and construction phases (Masera, 2003). Moreover, the study about the executive design focuses on the criteria, the procedural orientations and the conception modes of the technical drawings, which are intended as instruments able to examine and to express the prevision and check aspects related to the operability of the construction on site³: the carrying out of the executive design is defined through establishing the operative provisions, which are arranged in a predictive form and in both logical and temporal progression, depending on the selected

mulazione della realtà produttiva e costruttiva del cantiere. A tale proposito l'applicazione del progetto esecutivo si inserisce all'interno di un settore industriale "lento", caratterizzato ancora da tecniche esecutive e da sistemi costruttivi propri della tradizione, a eccezione degli sviluppi inerenti al campo degli impianti tecnologici. Di contro, lo studio progettuale esecutivo manifesta notevoli aspetti evolutivi per quanto riguarda la messa a punto degli strumenti e delle procedure: questi definiti da un'elevata "incorporazione" di informazioni, relative alla globalità dei contenuti chiamati a interagire. Attualmente, il progetto esecutivo, che consegue alla messa a punto dello studio concettuale (interpretabile, ancora, come il progetto di massima) e del progetto definitivo, assume il ruolo di dispositivo in grado di garantire la qualità dei contenuti che dal progetto sono trasferiti alla realtà della costruzione (nella forma di una "lista di ordini" diretti a guidare e a controllare le fasi sia di realizzazione sia di gestione). Inoltre va considerato come l'applicazione progettuale esecutiva si determini nei confronti di una costruzione da intendersi come "prototipo": quanto elaborato è rivolto a una realizzazione composta ogni volta in forma diversa, in modo totalmente estraneo dai comparti industriali caratterizzati da una spiccata ripetizione e "standardizzazione" dei contenuti, dei processi e delle tecniche (come, ad esempio, nel caso dell'industria aerospaziale o automobilistica). Rispetto ai principi culturali e metodologici, la progettazione esecutiva si propone quale comparto "disciplinare", delineato nelle forme della progettazione integrata e come messa a sistema delle progettazioni specifiche: nella tradizione culturale e operativa di Arup, già a partire dalla *Sydney Opera House*, l'elaborazione progettuale integrata si manifesta quale *total architecture* (o *total design*), in cui le competenze coinvolte

modalities for the practical implementation of the architecture, which is planned, anticipated and simulated⁴ (Nastri, 2018a).

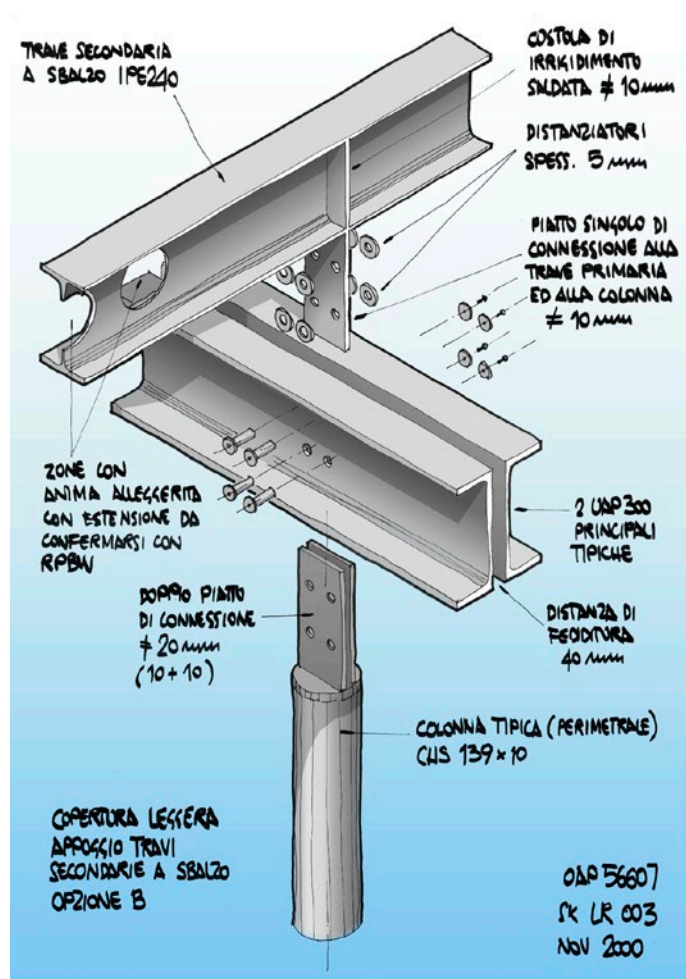
On this basis, the study is supported by experts involved in technical, integrated and engineering design activities aimed at arranging, organizing and anticipating the production and construction phases, together with the development of the instruments for guiding and monitoring the building.

Integrated, decision-making and instrumental constitution of the executive design

Maurizio Teora, Arup

The executive design of architecture is defined as a cultural and professional, as a disciplinary and methodological context related to the requirements and objectives for the real feasibility

and practical implementation of the morpho-typological and functional, structural and connective aspects of the building: this by identifying the characteristics and operating modes direct to exploration and anticipation, modeling and simulation of the production and construction of the building site. In this respect, at introductory level, the implementation of the executive design is part of a "slow" industrial field, which is still characterized by traditional techniques and construction systems (with the exception of technological systems). On the other hand, the executive design study shows remarkable advanced aspects related to the development of instruments and procedures: these are defined by a high level of "incorporation" of information about the totality of the contents which have to interact. Currently, the executive design, which accomplishes



nella formulazione esecutiva si occupano dello sviluppo e della risoluzione complessiva dei contenuti morfo-tipologici, funzionali e costruttivi.

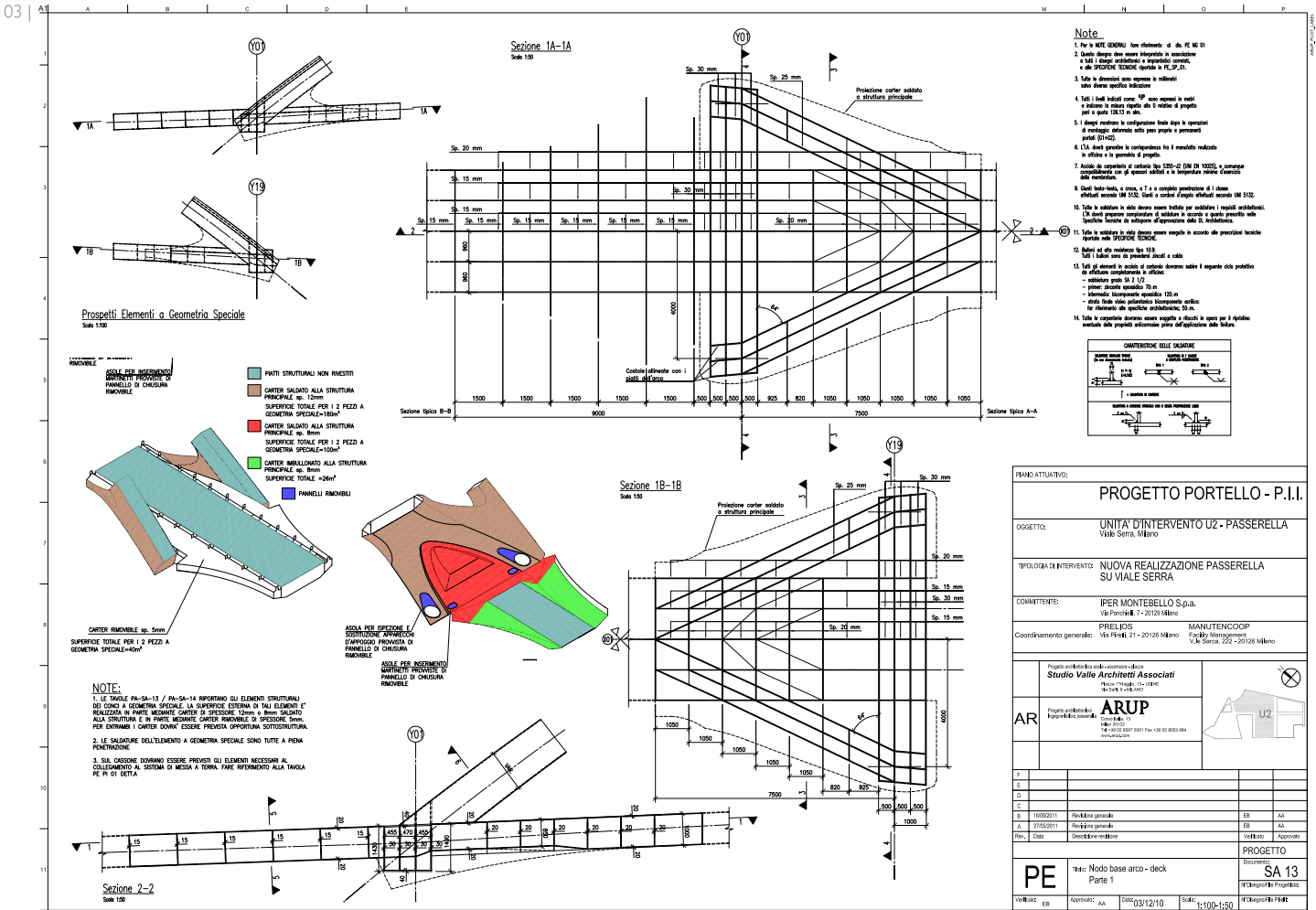
L'elaborazione esecutiva, poi, si esplicita come forma di "tecnica decisionale", tesa alla costituzione delle modalità di anticipazione e di pianificazione razionale della costruzione. E, a supporto di

the development of the conceptual study (which can still be interpreted as the preliminary project proposal) and the final design, takes on the role of a device to ensure the quality of the contents that are transferred from the project to the reality of the construction (in the form of a "list of orders" to guide and control both the implementation and management phases). Furthermore, the executive design is determined in relation to a construction intended as a "prototype": the results are direct to a building composed each time in a different way, entirely unrelated to the industrial sectors characterized by a marked repetition and "standardization" of the contents, processes and techniques (e.g. aerospace or automotive industries). In relation to cultural and methodological principles, the executive design is intended as a "disciplinary" section,

defined in the forms of the integrated design and as putting to system of the specific projects: in Arup's cultural and operational tradition, since the *Sydney Opera House*, the integrated design is already shown as *total architecture* (or *total design*), where the expertise involved into the executive formulation are focused on the development and overall resolution of morpho-typological, functional and constructive contents.

Furthermore, the executive design is expressed as a form of "decision-making technique" direct to the constitution of the anticipation ways and of the rational planning of the construction. And, in order to support this structure, in principle the designer was developing completely the contents of the construction, from formal and expressive aspects till to the building characters. With the evolution and the complex-





ity both of the constructions and of the expertise involved, the project has gradually acquired and expressed the contents direct to anticipate and predict the results. The executive design becomes an instrument to support decisions. On this basis, the study examines the conceptual and instrumental structure around the “finalistic” constitution of the project, defined by the processes direct to the development and to the putting into practice of the contents, indications and requirements needed to the production and construction of the building: this according to the implementation of the morpho-typological and functional, structural and connective aspects, in relation to the conditions specific to the real feasibility. Therefore, the definition of the “executive” character is expressed in accordance with the procedures direct to check and to control

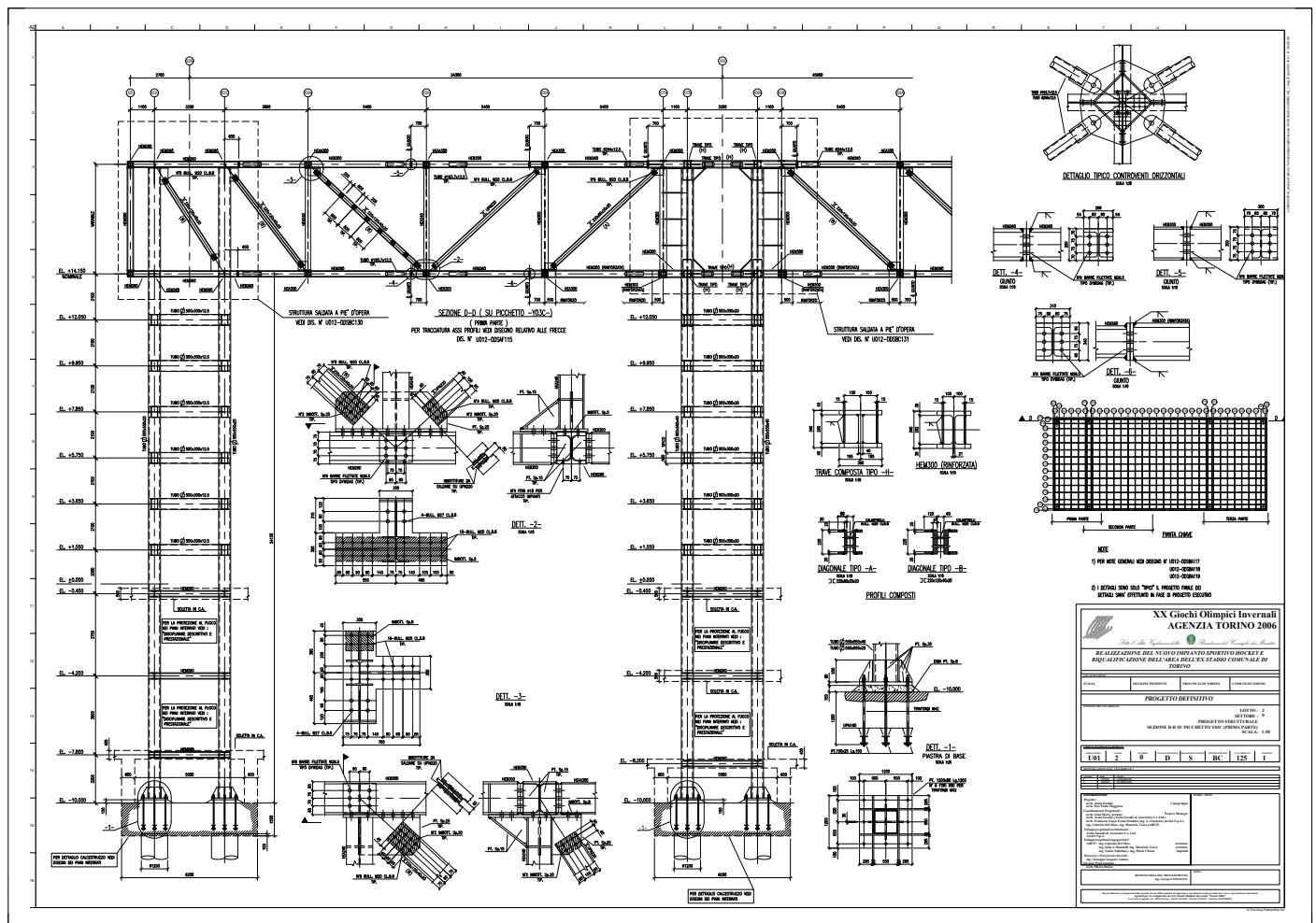
the design solutions, together with the position of the instrumental information about the installation and assembly ways: in particular, the essential phase of the path is identified with the final design, within which the contents direct to check the construction possibilities are composed and examined. The next phase, defined by the executive design, consists of the “detailed” constitution till to be composed in the form of an “assembly technical guide”: this is also articulated through strategies which, in the case of the integrated contract and of the use of specialized contents, involve the reference to already adopted executive techniques, building systems and construction processes. Furthermore, the study of the executive design examines the processing and representation modalities both as knowledge and assimilation process

of the productive, constructive and procedural reality and as acquisition process of the instruments of modeling and simulation of the operational contents. In this case, the executive drawings explain, in the contemporary scenario, the “digital expertise” from which are constituted and articulated themselves, observing the direct and immediate connection with which is “bought” and expected in the construction. The field of expression of the executive design specifies the context of “precision” and “perfection.” From the point of view of the “language” in the representation of the technical drawings, Arup (active in the on-line archiving defined as *DAD Drawings Archive Database*, aimed at collecting drawings of all projects) uses its own development and communication “standards”, currently defined by collaborative use through the BIM

platform: in general, the development strategy is aimed at standardizing the quality and the integrated involvement of contents. With regard to the implementation and integrated design procedures developed and applied for complex architectures and constructions, it’s important to point out that the determination of the path is based on the “white paper”, the main briefings with the client and, in particular, the sharing of inspiration principles such as sustainability. The acquisition and implementation of these principles implies, immediately, the reference and use of a series of regulations and standards which characterize the project on the whole and its resolution. Then, the development is reflected according to phases of “progression” and interaction around the “synergical objectives”. In the specific case of complex architectures, it is noted an abso-

questa articolazione, in principio il progettista sviluppava completamente i contenuti della costruzione, dagli aspetti formali ed espressivi fino ai caratteri realizzativi. Con l'evoluzione e la complessità sia delle costruzioni sia delle competenze coinvolte, il progetto ha progressivamente acquisito ed espresso i contenuti tesi all'anticipazione e alla previsione degli esiti realizzativi. Il progetto esecutivo diviene così uno strumento a supporto delle decisioni. Su queste basi, lo studio esamina l'impianto concettuale e strumentale intorno alla elaborazione "finalistica" del progetto, definita dai processi tesi alla messa in atto e in pratica dei contenuti, delle indicazioni e delle prescrizioni necessarie alla produzione e alla costruzione: questo in accordo all'attuazione degli aspetti morfo-tipologici e funzionali, strutturali e connettivi, in rapporto alle condizioni proprie della fattibilità reale. Pertanto, la definizione "esecutiva" si manifesta secondo la messa a punto delle pratiche di verifica e di monitoraggio delle

soluzioni progettuali, unitamente alla disposizione delle informazioni strumentali intorno alle modalità di posa in opera e di assemblaggio: nello specifico, la fase essenziale del percorso è identificata con il progetto definitivo, all'interno del quale si compongono e si esaminano i contenuti finalizzati a verificarne la loro "costruibilità". La fase successiva, definita, appunto, dal progetto esecutivo consiste nella formulazione di "dettaglio" fino a comporsi nella forma di un "manuale di assemblaggio": questo articolato anche attraverso le strategie che, nel caso degli appalti integrati e dell'impiego di contenuti specialistici, comportano il riferimento a tecniche esecutive, sistemi costruttivi e processi realizzativi già adottati. Ancora, lo studio intorno alla progettazione esecutiva esamina le modalità di elaborazione e di rappresentazione sia come procedimento di conoscenza e di assimilazione della realtà produttiva, costruttiva e procedurale, sia come procedimento di acquisizione



degli strumenti di modellazione e di simulazione dei contenuti operativi. In questo caso, gli elaborati esecutivi esplicitano, nello scenario contemporaneo, il “bagaglio digitale” che li costituisce e articola, rilevando la diretta e immediata correlazione con quanto viene “acquistato” e previsto nella costruzione. Il campo di espressione del progetto esecutivo esplicita il contesto della “precisione” e della “perfezione”. Dal punto di vista del “linguaggio” nella rappresentazione degli elaborati, Arup (impegnata nell’archiviazione on-line definita quale *DAD Drawings Archive Database*, volta a raccogliere i disegni di tutti i progetti) utilizza propri “standard” di sviluppo e di comunicazione, attualmente definiti dall’impiego collaborativo attraverso la piattaforma BIM: in generale, la strategia di elaborazione avviene secondo l’obiettivo di uniformare il livello qualitativo e il coinvolgimento integrato dei contenuti. E, in merito alle procedure di progettazione esecutiva e integrata elaborate e applicate per le architetture e costruzioni complesse, bisogna precisare che la determinazione del percorso si inquadra a partire dal “foglio bianco”, dai principali *briefing* con la committenza e, in particolare, attraverso la condivisione dei principi di ispirazione come, ad esempio, nel caso della sostenibilità. L’acquisizione e la messa in atto di questi principi implicano, immediatamente, il riferimento e l’impiego di una serie di dettami normativi, di standard, che caratterizzano complessivamente il progetto e la sua risoluzione. In seguito, lo sviluppo si concreta secondo fasi di “progressione” e di interazione intorno agli “obiettivi sinergici”. Nel caso specifico delle architetture complesse si rileva l’assoluta necessità di determinare i meeting in forma “fluida” ed “elastica”, spesso evitando di ripetere procedure e sequenze operative già esperite e applicate: ovvero, richiamando temi, contenuti e soluzioni già affrontati e

verificati attraverso l’ausilio dei *typical details*, intesi quali dettagli costruttivi raccolti negli anni che sono usati come standard per la risoluzione di nodi esecutivi tipici (ad esempio, per le opere in calcestruzzo armato, in acciaio, in legno).

L’operatività propria della progettazione tecnica, integrale e dell’ingegnerizzazione, “secondo l’apporto di Arup”, si compie a volte quale “regia”, a volte quale “attore” all’interno del processo: tuttavia, in funzione della tipologia di progetto, spesso con funzioni di *lead consultant* rispetto all’intero progetto o a temi specifici (come nel caso degli impianti o dei sistemi di facciata). In particolare, il contributo specialistico si correla all’attuale evoluzione operativa, ponendosi in relazione agli esiti espressi dalle competenze specialistiche (come nel caso del team di ingegneria) già presenti all’interno degli studi di progettazione. E, nel caso della progettazione focalizzata su ambiti specifici (come nel caso delle infrastrutture), Arup può attivarsi nella formulazione completa dei contenuti esecutivi, proiettandosi verso l’ottimizzazione delle tecnologie, dei costi e dei tempi.

Dal punto di vista della formazione, intellettuale e pratica, del progettista esecutivo lo sviluppo si delinea sulla base dell’apporto conoscitivo e operativo che si potrebbe definire da parte di un “super-architetto-digitale”, capace di articolare e di relazionare i principali contenuti, di correlare le tecniche esecutive e i sistemi costruttivi, di controllare gli strumenti e i dispositivi di elaborazione. Si tratta di una realtà professionale in grado di conoscere l’industria del settore, con particolare cura nell’acquisizione e nell’espressione dei costi e dei tempi, fino all’abilità nel valutare il rapporto tra i costi e i benefici. Questo esprimendo processi di attivazione integrata e di collaborazione tra le competenze e le conoscenze specialistiche. Inoltre, la figura del progettista ese-

lute need to determine meetings in a “fluid” and “elastic” form, often avoiding to repeat procedures and operating sequences that have already been experienced and applied: or, citing topics, contents and solutions already faced and verified through the help of *typical details*, which are intended as constructive details collected over the years that are used as standards to solve typical executive interfaces (for example, for reinforced concrete, steel and wooden systems).

The operability of the technical, integrated and engineered design, “according to Arup’s contribution”, is sometimes carried out as a “direction”, sometimes as an “actor” within the process: however, depending on the type of the project, often with the role of *lead consultant* in relation to the whole project or to specific themes (such as for façade systems or tech-

nological systems). In particular, the specialized contribution is related to current operational developments, in relation to the results of the specialized expertise (as in the case of the engineering team) already present in the architecture studios. In the case of the design focused on specific fields (as in the case of infrastructures), Arup can engage in full formulation of the executive contents, leading to optimization of technologies, costs and time.

From the point of view of the intellectual and practical education of the executive designer, the development is characterized by the knowledge and operational contribution that should be defined by a “digital-super-architect”, able to articulate and to relate the main contents, to connect the executive techniques and the building systems, to control the processing instruments and devices. This is a profes-

sional reality that is able to know the industry of the building sector, with particular care in the acquisition and expression of costs and time, till to the ability to evaluate the cost-benefit ratio. This by expressing processes of integrated activation and collaboration between expertise and specialized knowledges. Moreover, the position of the executive designer involves thorough knowledge and necessary experience of the construction procedures and their physical and constructive aspects, despite the digital specialization of the discipline.

With regard to the instruments for planning, examining, testing and simulating the production and construction solutions of the architectural organism and its parts, the executive design process is currently composed through the contents of the final configuration, i.e. the traditional “as built”.

The use of BIM technologies also includes the possibility of “evolving” contents, with respect to any change and modification, and involves the aspects and the procedures for management and maintenance of the building over time. The evolution of procedures and instruments also includes the use of *digital twin* technologies, where the construction is examined and composed as within a videogame, which can detect the state and the conditions of the building (“how is” the building), involving the addition of these aspects related to “control” and “check” already during the executive design.

Maurizio Teora (a structural engineer with a multidisciplinary education and approach within Arup, with a leading and coordination role in relation to the clients objectives, to the architectural design and constructive development).

cutivo comporta l'accurata conoscenza e l'indispensabile esperienza sulle procedure di cantiere e sui relativi aspetti fisici e costruttivi, nonostante la specializzazione digitale che caratterizza la disciplina.

In merito agli strumenti diretti a pianificare, esaminare, sperimentare e simulare le soluzioni produttive e costruttive dell'organismo architettonico e delle sue parti, l'elaborazione esecutiva del progetto, attualmente, si compone dei contenuti propri della configurazione finale, ovvero del tradizionale "as built". L'ausilio delle tecnologie BIM, poi, comprende la possibilità di "evolvere" i contenuti rispetto a ogni variazione e modifica, fino a coinvolgere gli aspetti e le procedure previste per la gestione e per la manutenzione nel tempo della costruzione. L'evoluzione delle procedure e degli strumenti considera anche l'utilizzo delle tecnologie *digital twin*, in cui la costruzione è esaminata e composta come all'interno di un videogame, in grado di rilevarne lo stato e le condizioni ("come sta l'edificio"), comportando l'inserimento di questi aspetti relativi al "controllo" e alla "verifica" già nella costituzione progettuale esecutiva.

Maurizio Teora è ingegnere strutturista con preparazione e approccio multidisciplinare all'interno di Arup, con ruolo direttivo e di coordinamento rispetto agli obiettivi della committenza, alla concezione architettonica e allo sviluppo costruttivo.

"Constructive" and procedural formulation of the project

Dario Bozzoli, Colombo Costruzioni S.p.A.

The study of the procedures for defining the devices of rational and operational coordination of the project, which can detect and communicate the methods of construction, focuses on the criteria for guiding the planning, the organization and the direction activities of the building phases. It's important to clarify the essential nature of the constructive processing of the project in the professional reality, defined as the process of improvement information needed to move from the executive design to the constructive design, according to:

- the constitution of the "executive design", prepared by the designer, which includes the coordinated de-

velopment of the technical contents (generally, related to the construction, structural and technological systems aspects) and identifies an architectural organism, with information about the point of insertion into space, the shape, the geometric dimensions, the functional performances, the quality, the construction time. These contents take value from a technical, administrative and contractual point of view in the relation between the client and the contractor. The executive design is the basis for a subsequent design development which concerns the notation of new information arising from the chosen construction methods, the actual benchmarks linked to the approved and acquired components (as packages and materials), and the necessary new coordination (for technical and

Formulazione "costruttiva" e processuale del progetto

Dario Bozzoli, Colombo Costruzioni S.p.A.

Lo studio intorno ai procedimenti tesi a delineare i dispositivi di coordinamento logico e operativo del progetto, in grado di rilevare e di comunicare le modalità di intervento, si concentra sui criteri capaci di guidare le attività di programmazione, di organizzazione e di conduzione delle fasi realizzative. È importante precisare il carattere essenziale della elaborazione costruttiva del progetto nella realtà professionale, definita come il processo di arricchimento di informazioni necessario per passare dal progetto esecutivo al progetto valido per la costruzione, secondo:

- la formulazione della "progettazione esecutiva", predisposta dal progettista, che comprende la messa a punto coordinata dei contenuti tecnici (in generale, a livello edile, strutturale e impiantistico) e che individua un organismo architettonico, con indicazioni circa il punto di inserimento nello spazio, la forma, le dimensioni geometriche, le prestazioni funzionali, la qualità, le tempistiche di costruzione. Questi contenuti assumono valore dal punto di vista tecnico, amministrativo e contrattuale nel rapporto tra committente ed esecutore. Il progetto esecutivo è la base per una successiva evoluzione progettuale che riguarda la notazione di nuove informazioni derivanti dalle modalità di costruzione scelte, dagli effettivi parametri di riferimento legati alla componentistica approvata e acquisita (quali package e materiali), da un indispensabile nuovo coordinamento (per la compatibilità tecnica e dimensionale) delle discipline coinvolte;
- l'attività di "progettazione costruttiva" svolta dall'impresa, che prevede la rielaborazione analitica di quanto rilevato dal

dimensional compatibility) of the disciplines involved;

- the activity of "constructive design", developed by the contractor, which involves the analytical re-processing of what the executive design has detected and the final processing of the geometric, dimensional, typological and performance contents (compared to the building systems, components, technical elements and materials). The "constructive design" is carried out by means of comparative survey, functional coherence, exam of regulations and executive interface between the specific features of the project at the architectural, structural and technological systems level (involving aspects related to particular technical-administrative and accessory procedures, to geometric, dimensional and constructive solutions).

The development of the "constructive design", in relation to the sizes of the building, is carried out by staff within the contractor or by trusted engineering companies.

The disciplinary configuration relates to the constructive design (as the contents of the executive design are understood as "prescriptive") as a field of composition and detail, according to the full relation with the reality of the building site and, subsequently, the actual functioning of the construction. In particular, the examination considers the method capable of expressing the forecasting and checking aspects of the operability of the construction in the building site, in accordance with the inclusion of the operational provisions. The process of elaboration, for example in reference to the activity as a manager of the competition and coordination office for the preparation

progetto esecutivo e l'elaborazione definitiva dei contenuti geometrici, dimensionali, tipologici e prestazionali (rispetto ai sistemi costruttivi, ai componenti, agli elementi tecnici e ai materiali). La "progettazione costruttiva" si attua attraverso l'indagine comparata, la coerenza funzionale, la verifica normativa e l'interfaccia esecutiva tra le specificità del progetto a livello architettonico, strutturale e impiantistico (coinvolgendo aspetti relativi alle particolari pratiche tecnico-amministrative e accessorie, alle geometrie, alle dimensioni e alle soluzioni realizzative). Lo sviluppo del "progetto costruttivo", in relazione alle dimensioni dell'intervento edilizio, è effettuato da personale interno all'impresa oppure è svolto da società di ingegneria fidelizzate.

La configurazione disciplinare riguarda la progettazione costruttiva (in quanto i contenuti del progetto esecutivo sono intesi in forma "prescrittiva") quale campo della composizione e precisazione di dettaglio, secondo la compiuta correlazione con la realtà del cantiere e, poi, dell'effettivo funzionamento della costruzione. In particolare, la disamina considera il metodo capace di esprimere gli aspetti previsionali e di verifica dell'operabilità della costruzione di cantiere, in accordo all'inclusione delle disposizioni operative. Il processo di elaborazione, ad esempio nel richiamo all'attività di responsabile dell'ufficio gare e di coordinamento per la preparazione dei documenti tecnici e organizzativi legati alle strategie di esecuzione, consiste ne:

- l'attività di formulazione "costruttiva" del progetto, secondo l'individuazione dei contenuti essenziali da sviluppare (rispetto all'articolazione, al riesame e al controllo sinergico degli ambiti civile, strutturale e impiantistico), da sottoporre

of technical and organizational documents related to the building strategies, consists of:

- the activity of "constructive" constitution of the project, in accordance with the identification of the essential contents to be developed (in relation to the coordination, review and synergical control of the civil, structural and technological systems fields), to be submitted to the site manager and to the planning of purchases;
- the development of the constructive design through the interaction and sharing of information and strategies between different actors involved in the building process, such as:
 - the operators involved in the graphic-descriptive drafting (as the constructive designers);
 - the specialized consultants;

- the suppliers of specific components and materials;
- the professionals and the experts of the building site (as the executors responsible for the contractor and subcontractors, the heads of operational security);
- the persons in charge for managing the process which will determine the phases and timing of the agreement with the contractual commitments.

Therefore, the specific nature of the constructive design is the simultaneous assumption of several contents previously developed in a sequential way: this is a design phase and an "evolutionary" process, defined by the ability to "record" and to make available (through an "organized archive") technical issues related to the constructive design till to the "as built" (i.e. the final project that faithfully includes

all'approvazione della Direzione dei Lavori e alla pianificazione degli acquisti;

- la messa a punto del progetto costruttivo attraverso l'interazione e la condivisione di informazioni e strategie tra differenti soggetti partecipanti al processo realizzativo, quali:
 - gli operatori impegnati nella redazione grafico-descrittiva (i progettisti costruttivi);
 - i consulenti specialistici;
 - i fornitori di componenti e materiali specifici;
 - le professionalità e le competenze di cantiere (gli esecutori responsabili dell'impresa e i subappaltatori, i responsabili della sicurezza operativa);
 - i responsabili della gestione del processo che determineranno fasi e tempistiche per accordarsi con gli impegni contrattuali.

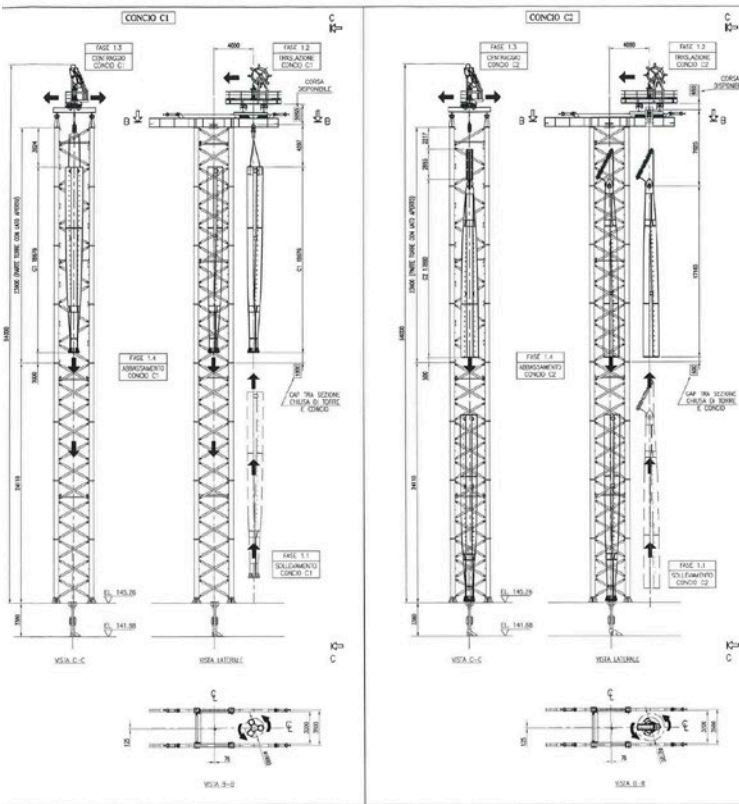
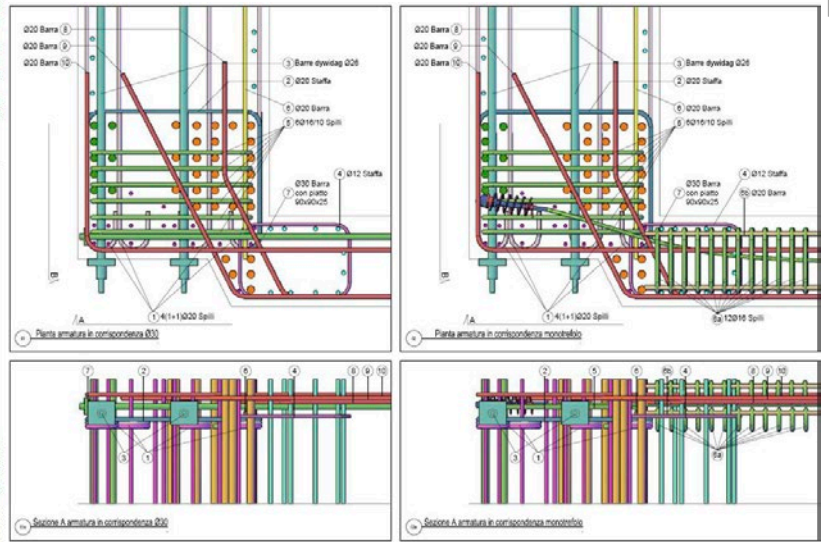
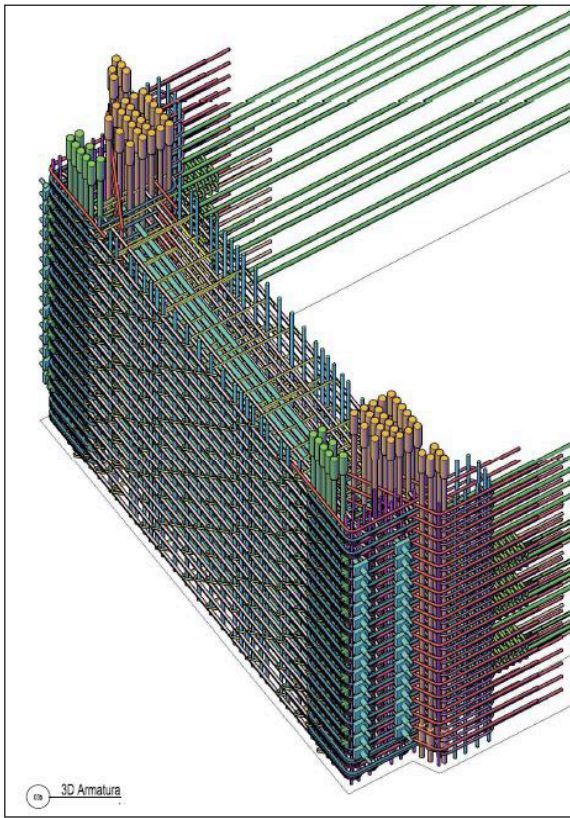
Pertanto, il carattere peculiare della progettazione costruttiva consiste nell'assunzione simultanea di molteplici contenuti prima sviluppati in forma sequenziale: si tratta di una fase progettuale e di un procedimento "evolutivo", definito dalla capacità di "registrare" e di rendere disponibili (attraverso un "archivio organizzato") i temi tecnici che riguardano il progetto costruttivo o "cantierabile" fino all'"as built" (ovvero, il progetto finale che include fedelmente ogni informazione tecnica relativa a quanto eseguito effettivamente). Il progetto prosegue ancora, accanto al manufatto edilizio, includendo gli aspetti e le ulteriori informazioni che competono alle fasi di manutenzione, di demolizione e di riciclo. Con il progressivo sviluppo dei progetti in ambiente BIM il processo descritto sarà sempre più efficace potendo disporre di un prototipo virtuale assolutamente identico nella sua evoluzione al manufatto progettato e realizzato, senza limiti da

any technical information regarding the actual implementation). The project continues, next to the constructive product, by including aspects and additional information that are relevant to the maintenance, demolition and recycling phases. With the progressive development of projects inside the BIM environment, the process described will be increasingly effective by having a virtual prototype which is absolutely identical in its evolution to the designed and built product, without any limitations on the information content attributable to each individual component of the architectural organism.

In particular, the analysis includes the detailed study of instrumental and informative practices for the guide and the instruction according with the development of the operational procedures and technical drawings, direct to

clarifying, predicting and monitoring the production and construction phases. The professionalism and expertise required for the constructive design, considering the activity as coordinator of the technical designers, as well as of Professor at the Polo Territoriale of Lecco of the Politecnico di Milano, focus on:

- the "curiosity" and the "ability to dialog", the expertise and the ingenuity aimed at the correct approach and resolution of operational themes, understood as the capacity to analyze a complex organism represented in the executive design, in accordance with the technical principles, the direction of the necessary analyzes and the subsequent operational summary;
- the inclination to deal with the construction as a "real prototype", constituted in accordance with the



parte dei contenuti informativi attribuibili a ogni singolo componente appartenente all'organismo architettonico.

In particolare, l'analisi comporta l'approfondimento delle prassi strumentali e informative per la guida e l'istruzione in accordo alla messa a punto delle procedure operative e degli elaborati progettuali, diretti a esplicitare, a prevedere e a monitorare le fasi produttive e costruttive. La professionalità e le competenze necessarie alla elaborazione costruttiva del progetto, anche nel richiamo all'attività sia di coordinatore dei progettisti tecnici, sia di Docente presso il Polo Territoriale di Lecco del Politecnico di Milano, si concentrano su:

- la "curiosità" e la "capacità di dialogo", la perizia e l'ingegno dirette alla corretta impostazione e risoluzione dei temi operativi, intese come capacità di analisi finalizzata alla scomposizione di un organismo complesso rappresentato nel progetto esecutivo, secondo principi ergotecnici, alla conduzione delle analisi necessarie e alla successiva sintesi operativa;
- la propensione ad affrontare l'intervento edilizio come un "prototipo reale", costituito in accordo agli aspetti propri delle condizioni realizzative di cantiere e funzionali in esercizio, rispetto alla composizione, all'indagine e agli esiti nei confronti del "prototipo virtuale";
- la capacità tecnico-strumentale e il sapere analitico rivolte all'abilità nella redazione e nella "lettura" degli elaborati.

Lo studio della progettazione costruttiva si articola rispetto al processo di simulazione della realtà produttiva e costruttiva, attraverso attività di "osservazione esperienziale", di "discretizzazione" della realtà e di "previsionalità razionale" (con funzione temporale). Su queste basi le procedure di elaborazione costruttiva del progetto prevedono:

- aspects related to the construction conditions of the building site and the functioning in operation, with regard to the composition, investigation and outcome of the "virtual prototype";
 - the technical and instrumental capability and the analytical knowledge direct to the ability to draft and understand the technical drawings.
- The study of the constructive design is structured in relation to the process of simulation of productive and constructive reality, through the activities of "experiential examination", of "discretization" of reality and of "rational forecasting" (with time function). On this basis, the constructive design procedures include:
- the analysis of the "input data" (acquired through the executive design), to check the correspondence and the coherence of information

- provided by the designer;
- the integration of new information resulting from the use of specific materials or components, the introduction of variants needed for the construction;
- the "breakdown" of complex themes into multiple sub-themes, which corresponds to the particular partition of the technical drawings;
- the geometric and performance checks on materials and components, including to check their availability in coherent time with the development of the construction;
- the development of "cross-checks" between the professionals involved;
- the constraints and the possibilities of resolution related to the specific fields of the construction, together with the anticipation of the conditions due to the implementation needs (as in the case of the safety

- l'analisi dei "dati di ingresso" (acquisiti attraverso il progetto esecutivo), per verificare la corrispondenza e la coerenza delle informazioni rilasciate dal progettista;
- l'integrazione delle nuove informazioni derivanti dall'uso di specifici materiali o componenti, dall'introduzione di varianti necessarie alla costruzione;
- la "scomposizione" dei temi complessi in molteplici sotto-temi, a cui corrisponde la suddivisione particolare degli elaborati tecnici;
- le verifiche geometriche e prestazionali sui materiali e sui componenti, includendo il controllo della loro disponibilità in tempi coerenti con lo sviluppo della costruzione;
- lo svolgimento delle verifiche "incrociate" tra le professionalità coinvolte;
- i vincoli e le possibilità risolutive inerenti agli specifici ambiti della costruzione, unitamente all'anticipazione delle condizioni dovute alle esigenze attuative (come nel caso delle necessità correlate alla sicurezza) e operative di cantiere (come nel caso dell'anticipazione delle necessità logistiche e realizzative, comportando le eventuali attrezzature e gli accorgimenti risolutivi). In particolare, il carattere previsionale si afferma attraverso la progettazione del "durante" della costruzione;
- la condivisione degli elaborati e la successiva approvazione.

Dario Bozzoli è ingegnere ergotecnico con il ruolo di supervisore per gli aspetti contrattuali e tecnici, durante le attività di pianificazione generale e di programmazione operativa per l'impresa di costruzione Colombo Costruzioni S.p.A.

- needs) and the operational conditions of the building site (as in the case of anticipating logistical and construction needs, involving any equipment and remedial measures). In particular, the forecast character is established by design of the "during" of the construction;
- the sharing of the technical drawings and of the subsequent approval.

Dario Bozzoli is ergotechnic engineer with the role of supervisor for contractual and technical aspects, during general planning and operational organization activities for the contractor Colombo Costruzioni S.p.A.

NOTES

¹ The thematic structure is based on the technological cultural context defined by the formulation of the project as a "transformative act" (regarding

both poetic and functional, productive and constructive aspects and implementation procedures in a "product"), which is expressed as "technological process" (Gregory, 1966, tr. it. 1970). This process is characterized by both the "poetic" capacity (of "manipulation" and "artificial reproduction" of reality, of early and "calculated" experimentation, of practical moment of action) and the "finalized" instrumental knowledge (Nardi, 1997; Nasti, 2017a).

² The technological culture supporting the executive design takes on both technical design criteria (or engineering design; Asimow, 1962, tr. it., 1968), as "optimization of results according to the implementation of analytical procedures" (ivi) and as "finalized or deliberate process" (Ciribini, 1979), as well as *integrated design*, which specifies the formulation of the project ac-

NOTE

¹ L'articolazione tematica in esame si struttura sulla base del contesto culturale tecnologico definito dalla formulazione del progetto come "atto trasformativo" (sia degli aspetti poetici e funzionali, produttivi e costruttivi, sia delle procedure attuative in un "prodotto"), che si manifesta come "procedimento tecnologico" (Gregory, 1966, tr. it. 1970). Tale processo si delinea secondo l'espressione sia della capacità "poietica" (di "manipolazione" e di "riproduzione artificiale" della realtà, di sperimentazione, anticipata e "calcolata", del momento pratico dell'azione), sia del sapere strumentale "finalizzato" all'azione (Nardi, 1997, p. 55; Nastri, 2017a).

² La cultura tecnologica a supporto della progettazione esecutiva assume i criteri propri sia della *progettazione tecnica* (o *engineering design*; Asimow, 1962, tr. it., 1968), quale "ottimizzazione dei risultati secondo l'adozione di procedure analitiche" (ivi) e come "processo finalizzato o intenzionale" (Ciribini, 1979), sia della *progettazione integrale*, che esplicita la formulazione del progetto secondo la combinazione delle funzioni di governo, di pianificazione e di controllo dirette a guidare e a condurre l'operatività produttiva e costruttiva (Ciribini, 1965; Frateili, 1966, 1973; Dringoli, 1995).

³ L'elaborazione esecutiva si afferma quale metodologia in grado di governare le modalità di "presentificazione" dei contenuti progettuali tramite i caratteri di "proiezione" (come processo di esplorazione e di "previsione calcolante") e di "riproduzione artificiale" della realtà. La formulazione dei dispositivi (o "modelli") esecutivi comporta la visualizzazione della realtà produttiva e costruttiva di riferimento, che risulta "discretizzata", "rivelata" e "oggettivata": questo assumendo ed esplicitando le condizioni di fattibilità e di "eseguibilità", fino a manifestare le indicazioni relative alla localizzazione delle interfacce tecniche e alle modalità di posa in opera (Nastri, 2017b).

⁴ L'operatività si struttura mediante la costituzione di strumenti di spiegazione e di previsione, espressi tramite forme di linguaggio (di carattere "scientifico", "indicativo" e "metaforico") rivolte sia alla "decodificazione" e alla "strutturazione" della realtà di riferimento, sia all'informazione sintetica e all'applicazione pratica (Rovero, Lanzu, 2012). Questo nel riferimento a:

- la procedura tesa ad anticipare e a simulare le fasi realizzative, sia tramite

according to the combination of governance, planning and control functions to guide and lead the productive and constructive operation (Ciribini, 1965, p. 31; Frateili, 1966, 1973; Dringoli, 1995).

³ The executive design is defined as a methodology that governs the ways of "contemporizing" the project contents through the characters of "projection" (as a process of exploration and "calculating prediction") and of "artificial reproduction" of reality. The constitution of the executive devices (or "models") means the visualization of the reference productive and constructive reality, which is "discretized", "revealed" and "objectifiable", by taking on and clarifying the conditions of feasibility and "executability", and by indicating the location of the technical interfaces and their building modalities (Nastri, 2017b).

⁴ The operation is structured by the constitution of instruments for explanation and forecasting, expressed through "scientific", "indicative" and "metaphorical" forms of language, direct both to "decoding" and "structuring" the reality and to synthetic information and practical application (Rovero, Lanzu, 2012). This is in the reference to:

- the procedure direct to anticipate and to simulate the construction phases, both by means of the expression of the "figurative productivity" in the "construction of reality" and by means of the "schematic" (or "modelled") constitution containing the criteria and the "construction rules";
- the ways of "codified formalization" of the executive devices needed for the anticipation and the (indirect) experience of the production and construction phases.

l'espressione della "produttività figurale" nella "costruzione del reale", sia tramite la costituzione "schematica" (o "modellizzata") che contiene i criteri e la "regola di costruzione";

- i modi di "formalizzazione codificata" dei dispositivi esecutivi necessari all'anticipazione e all'esperienza (indiretta) delle fasi produttive e costruttive.

REFERENCES

Alread, J. and Leslie, T. (2007), *Design-tech. Building Science for Architects*, Architectural Press-Elsevier, Amsterdam.

Asimow, M. (1962), *Introduction to design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (tr. it. di Mancuso, M., *Principi di progettazione*, Marsilio, Venezia, 3rd ed.).

Buccolieri, C.C. and Giallocosta, G. (Eds.) (1999), *Progetto e produzione nello scenario edilizio contemporaneo*, Alinea, Firenze.

Ciribini, G. (1965), "Il processo dell'industrializzazione edilizia: problemi e sviluppi", in AA.VV., *Dieci studi preliminari all'industrializzazione edilizia*, Aire, Milano, pp. 28-41.

Ciribini, G. (1979), *Introduzione alla tecnologia del design. Metodi e strumenti logici per la progettazione dell'ambiente costruito*, FrancoAngeli, Milano.

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.

Dringoli, M. (1995), *Per una progettazione integrale*, Servizio Editoriale Universitario di Pisa.

Frateili, E. (1966), *Introduzione alla progettazione integrale*, Aire, Milano.

Frateili, E. (1973), *Un'auto-disciplina per l'architettura*, Dedalo, Bari.

Gregory, S.A. (1966), "Un esame più dettagliato della progettazione", in Gregory, S.A. (Ed.), *The Design Method*, Butterworths, Londra (tr. it., *Progettazione razionale*, Marsilio, Padova, 1970, pp. 94-104).

Masera, M. (2003), *La pianificazione nel progetto di costruzioni*, ETS, Pisa.

Mecca, S. (2002), *Comprendere il cantiere. Verso nuovi paradigmi per l'organizzazione del cantiere edile*, ETS, Pisa.

Nardi, G. (1997), "Struttura come costruzione", in Nardi, G. (Ed.), *Aspettando il progetto*, FrancoAngeli, Milano, pp. 53-84.

Nastri, M. (2017a), "Progettazione esecutiva dell'architettura ed ermeneutica della *téchne*", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, pp. 182-193.

Nastri, M. (2017b), "Téchne e progetto d'architettura", *Op. cit. Selezione della critica d'arte contemporanea*, n. 160, pp. 19-30.

Nastri, M. (2018a), *Progettazione esecutiva dell'architettura. Vol. 1. Procedure di pianificazione metodologica e di coordinamento operativo*, Tecniche Nuove, Milano.

Nastri, M. (2018b), *Téchne e poiesis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto*, FrancoAngeli, Milano.

Parise, F. (2009), *Il progetto cantierabile. Strumenti per la progettazione esecutiva*, FrancoAngeli, Milano.

Rovero, L. and Lanzu, S. (2012), *Il disegno architettonico esecutivo. Linee guida alla redazione degli elaborati grafici*, EPC, Roma.

a cura di/edited by Francesca Giglio

Il progetto esecutivo: il ruolo, gli obiettivi e le sue potenzialità. Un argomento che, maggiormente rispetto agli altri precedentemente trattati, rappresenta uno dei principali cardini della disciplina. In questo caso, trascendendo dagli aspetti meramente normativi, ci si sofferma sul rapporto tra Progetto esecutivo e Architettura, sull'importanza della cura del dettaglio costruttivo nel passaggio, mai banale, tra momento ideativo e realizzativo. Che *L'architettura è sempre idea costruita* è un concetto che accompagna i Maestri del Novecento, studiosi della bellezza del dettaglio, tra cui Loos, Wright, Gropius, e manifesto dell'architettura contemporanea di Scarpa, Nervi, Ridolfi, e ancora di Ungers, Siza, Piano, Campo Baeza. Il passaggio tra ideazione e creatività, ha nel Progetto esecutivo il suo fulcro, in cui convergono aspetti di Cultura tecnologica e di Controllo delle scelte materiali, che guardano al dettaglio costruttivo come un *mezzo* per la qualità formale e prestazionale del manufatto.

L'introduzione nel processo costruttivo di nuove figure manageriali, orientate a risolvere questioni specialistiche, può comportare la rarefazione degli obiettivi del Progetto esecutivo. Rispetto a tali questioni, la disciplina fa da sfondo al dibattito, contribuendo ad interpretare il progetto di Architettura come un unico sistema complesso, in cui il pensiero progettuale non è distinto dalle scale di rappresentazione, ma è *fil rouge* per il suo controllo formale e prestazionale. A tal proposito, affermava Guido Nardi «fin dai primi abbozzi del progetto, nella sua fase euristica, forma, funzione e tecnica si esprimono secondo rapporti di reciproche determinazioni ed intervengono – o dovrebbero intervenire – contemporaneamente nello sviluppo della realizzazione progettuale, secondo un processo di interazione e di determinazione reciproca. La tecnica, in particolare, proprio nel suo essere

vincolo normativo, è uno degli elementi che strutturano l'atto creativo, ed è quindi una irrinunciabile condizione di pensabilità dell'oggetto architettonico, un suo "a priori" imprescindibile» (Nardi, 1994)¹. La Rubrica Recensioni, in tal senso, affronta il dibattito in corso proponendo tre testi: in ambito specificatamente disciplinare; in ambito più generale ma riconducibile a problematiche del Settore Disciplinare affini all'Area Architettura; in ambito più critico, attraverso saggi sul Tema.

Il primo testo, a carattere disciplinare, "Téchne e Poïesis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto" – Franco Angeli, 2018 – è di Massimiliano Natri, ricercatore in Tecnologia dell'architettura al Politecnico di Milano. Il testo ha l'obiettivo di ridare forza e centralità al ruolo della Téchne applicata alla cultura tecnologica e al sapere pratico-strumentale. Una disanima che approfondisce la condizione del progetto esecutivo quale modello interpretativo dei contenuti di ordine produttivo e costruttivo. Federica Meoli² descrive, nella sua recensione, la complessità interpretativa della progettazione esecutiva, indagando tutte le possibili chiavi di lettura, attraverso un complesso confronto tra *capacità tecnica e inventio* grazie alla padronanza della conoscenza *tecnica*. Nella seconda parte analizza criticamente la strutturazione del testo, evidenziando per ogni sezione, peculiarità e aspetti innovativi. Il ruolo della tecnica, nei rapporti tra aspetti formali e funzionali attraverso l'innovazione costruttiva, continuano ad essere affrontati seppur in maniera più descrittiva, nel secondo testo, a carattere generale, riconducibile all'Area Architettura; "Costruire. Le strutture nascoste dietro le architetture" – Bollati Boringhieri, 2019 – è di Roma Agrawal, ingegnere strutturale americano che ha lavorato a diversi importanti progetti di ingegneria. Un viaggio tra le architetture contemporanee

The Detailed design: the role, the objectives and its potentialities. A topic that, more than the others previously covered, represents one of the principal cornerstone of the discipline. In this case, transcending from purely regulatory aspects, we focus on the relationship between Detailed design and Architecture, on the importance of the attention to construction detail in the passage, never trivial, between ideation and implementation moment. That *architecture is always built* is a concept that accompanies the Masters of the twentieth century, scholars of the beauty of detail, including Loos, Wright, Gropius, and manifest of the contemporary architecture of Scarpa, Nervi, Ridolfi, and again of Ungers, Siza, Piano, Campo Baeza. The transition between ideation and creativity, has in the Detailed design its core, in which converge aspects of techno-

logical culture and control of material choices, which look at constructive detail as a *means* to the formal and performance quality of the artifact.

The introduction in the construction process of new managerial figures, oriented to solve specialized issues, can lead to the rarefaction of the objectives of the Detailed design. With respect to these issues, the discipline is the background to the debate, contributing to interpreting the Architecture design as a single complex system, in which design thinking is not distinct from the scales of representation, but is the *fil rouge* for its formal and performance control. In this regard stated Guido Nardi «since the first drafts of the design, in its heuristic phase, form, function and technique are expressed according to relationships of mutual determinations and intervene – or should intervene – at the same time in

the development of design realization, according to a process of interaction and mutual determination. The technique, in particular, precisely in its being a normative constraint, is one of the elements that structure the creative act, and is therefore an indispensable condition of the thinkability of the architectural object, its "a priori" essential» (Nardi, 1994)¹. The Reviews Section, in this sense, addresses the current debate by proposing three texts: specifically disciplinary; more generally but can be traced back to issues related to the Architecture Area; more critically, through essays on the theme.

The first text, of disciplinary nature, "Téchne e Poïesis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto" – Franco Angeli, 2018 – is by Massimiliano Natri Assistant professor in Technology of Architecture at the Politechnic of Milano. The aim of the text is

to restore strength and centrality to the role of Téchne applied to technological culture and practical-instrumental knowledge. A dissol that deepens the condition of the Detailed design as an interpretive model of the contents of productive and constructive order. Federica Meoli², describes in her review the interpretative complexity of Detailed design, investigating all possible keys of reading, through a complex comparison between *technical ability* and *inventio* thanks to the mastery of *technical* knowledge. In the second part she critically analyzes the structuring of the text, highlighting for each section, peculiarities and innovative aspects. The role of technique, in the relationships between formal and functional aspects through constructive innovation, continues to be addressed, albeit in a more descriptive manner, in the second text, of a general nature, attributable to the

in tutto il mondo, lette attraverso quel rapporto sapiente in cui forma e funzione si fondono e diventano Architettura. Attraverso aneddoti, l'autrice racconta ad un pubblico più esteso e meno esperto, l'evoluzione dei principi di ingegneria strutturale grazie all'innovazione delle tecniche e dei materiali. Valentina Gianfrate³ descrive gli aspetti salienti del viaggio virtuale che l'autrice vuol far compiere tra le architetture più importanti al mondo, evidenziando gli aspetti affascinanti del campo dell'ingegneria strutturale, anche attraverso le esperienze critiche di crolli e collassi dovuti ad errori umani o eventi calamitosi. La recensione descrive anche la strutturazione del testo e pone come chiave di lettura critica, il campo in continua evoluzione dell'ingegneria strutturale, quale ambito di sperimentazione, innovazione e potenzialità di trasformazione sociale. Gli aspetti fondanti della tecnica e il fascino del viaggio si ripropongono e trovano una loro dimensione unitaria nel terzo testo, un saggio proposto da Carlo e Renzo Piano "Atlantide. Viaggio alla ricerca della bellezza" - Feltrinelli, 2019. Carlo Piano, laureato in lettere moderne presso l'Università di Genova, dialoga con il padre attraverso il pretesto del viaggio intorno alle sue architetture, al senso civico del costruire, alla ricerca della città perfetta, Atlantide. Enza Tersigni⁴, si sofferma sul viaggio come artificio narrativo di Carlo Piano, in cui tutto, anche la terminologia, riporta al pensiero di un viaggio in nave tra le architetture del padre, attraverso aneddoti e dialoghi. L'autrice fa emergere tutti gli aspetti, anche critici, sulla figura di Renzo Piano e sul ruolo didattico, sperimentale e innovativo delle sue architetture. L'attenzione di Piano, non sempre diffusamente apprezzata, sui dettagli costruttivi, viene riportata proprio al ruolo predominante della *Tèchne* nel progetto. La ricerca della bellezza come gesto civico e politico, diventa

quindi il messaggio principale che gli autori vogliono lasciare, alla continua ricerca della città perfetta di Atlantide.

Tre testi che esprimono rispettivamente in maniera tecnica, descrittiva e narrativa la necessità del controllo della cultura tecnologica nel progetto. L'innovazione, l'evoluzione delle tecniche di produzione e costruzione, diventano campi sperimentali e applicativi di evoluzione e contemporaneamente di crisi per il progetto. Una questione ancora non risolta, sicuramente critica, che presuppone nuovi *scenari*, nuovi *ruoli*, nuovi *saperi costruttivi*.

NOTE

¹ Nardi, G. (1994), "La cultura del progetto in architettura oggi", in La Creta, R. and Truppi, C. (Eds.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano, p.127.

² Federica Meoli è dottore di ricerca in Ingegneria edile e professore a contratto presso l'Università degli Studi di Roma la Sapienza.

³ Valentina Gianfrate è Ricercatrice in Disegno Industriale presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna.

⁴ Enza Tersigni è Ricercatrice in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Architecture Area; "Costruire. Le strutture nascoste dietro le architetture" – Bollati Boringhieri, 2019 – is by Roma Agrawal, an American structural engineer who has worked on several important engineering projects.

A journey through contemporary architecture all over the world, read through that wise relationship in which form and function merge and become Architecture. Through anecdotes, the author tells the evolution of the principles of structural engineering thanks to the innovation of techniques and materials to a wider and less experienced public. Valentina Gianfrate² describes the salient aspects of the virtual journey that the author wants to carry out among the most important architecture in the world, highlighting the fascinating aspects of the field of structural engineering, also through the critical experiences of collapses due

to human errors or events calamitous. The review also describes the structuring of the text and presents as a critical reading key, the constantly evolving field of structural engineering, as a field of experimentation, innovation and potential for social transformation.

The founding aspects of the technique and the fascination of the journey come up again and find their unitary dimension in the third text, an essay proposed by Carlo and Renzo Piano "Atlantide. Viaggio alla ricerca della bellezza" - Feltrinelli, 2019. Carlo Piano, graduated in modern literature at the University of Genova, talks with his father on the pretext of journey around his architecture, to the civic sense of building, in search of the perfect city, Atlantide. Enza Tersigni⁴, focuses on the journey as a narrative artifice of Carlo Piano, in which everything, even the terminology, brings

to mind the thought of a journey by ship among his father's architecture, through anecdotes and dialogues. The author brings out all the aspects, even critical, on the figure of Renzo Piano and on the didactic, experimental and innovative role of his architecture. Piano's attention, not always widely appreciated, on the construction details, is brought back precisely to the predominant role of *Tèchne* in the project. The research for beauty as a civic and political gesture therefore becomes the main message that the authors want to leave, in the continuous search for the perfect city of Atlantide.

Three texts that express in a technical, descriptive and narrative manner the necessity of controlling the technological culture in the design. The innovation, the evolution of production and building techniques, become experimental and application fields of evolu-

tion and at the same time of crisis for the design. An unresolved question, certainly critical, which presupposes *new scenarios*, *new roles*, *new constructive knowledge*.

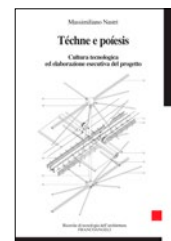
NOTES

Nardi, G. (1994), "La cultura del progetto in architettura oggi", in La Creta, R. and Truppi, C. (Eds.), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano, p.127.

² Federica Meoli is Ph.D in Building Engineering at "Università degli Studi di Roma la Sapienza".

³ Valentina Gianfrate is Assistant Professor in Industrial Design at Department of Architecture of University of Bologna.

⁴ Enza Tersigni is Assistant Professor in Technology of Architecture at Department of Architecture of University "Federico II", Napoli.



Massimiliano Nastri

Téchne e Poiesis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto

Franco Angeli, Milano (MI), 2018

Negli ultimi anni, anche per effetto di una complessa evoluzione normativa sulle modalità di conduzione del processo edilizio, i diversi livelli della progettazione sono stati oggetto di approfondite puntualizzazioni nei molteplici contenuti di carattere teorico e tecnico.

Il mondo dell'architettura percepisce con sempre maggiore intensità l'esigenza di inquadrare limiti ed opportunità degli strumenti tecnici disponibili, anche nell'ottica di un allineamento metodologico ad un quadro normativo ormai di vasta diffusione che definisce e regola la gestione della qualità di prodotti e processi in numerosi ambiti.

Tra i livelli di progettazione, il progetto esecutivo è quello che ricopre un ruolo fondamentale, nel passaggio dall'idea alla realizzazione affinché possano trovare, auspicabilmente, corrispondenza i contenuti della pianificazione, del progetto di fattibilità e del progetto definitivo.

Tale ruolo, qualora non venisse correttamente interpretato, potrebbe presentare una serie di potenziali criticità legate sia alla definizione tecnica di dettaglio delle scelte progettuali, sia alla visualizzazione articolata delle modalità gestionali della realizzazione.

In "Téchne e poiesis" l'Autore illustra chiaramente tale complessità interpretativa della progettazione esecutiva, indagando tutte le possibili chiavi di lettura, attraverso un complesso confronto tra capacità tecnica (sia dell'ambito progettuale che produttivo) e

Massimiliano Nastri

Téchne e Poiesis. Cultura tecnologica ed elaborazione esecutiva del progetto

Franco Angeli, Milano (MI), 2018

Over recent years, also due to the complex normative evolution regarding the building process, the different design levels have been the subject of detailed clarifications in the many theoretical and technical contents.

The world of architecture perceives with increasing intensity the need to set limits and opportunities of the technical tools available, according to a methodological alignment to a regulatory framework, now widely spread, defining and regulating quality management of products and processes in many areas.

The detailed design, among all levels, is the one that plays a key role, in the transition from the idea to the realiza-

tion, so that the content of the planning, hopefully, the feasibility project and the final project can be matched.

This role, if not correctly interpreted, could present a series of potential criticalities linked both to the technical definition of detail of the design choices, or to the articulated visualization of the management of the realization.

In "Téchne e poiesis", the Author clearly illustrates this interpretative complexity of executive design, investigating all the possible interpretations, through a complex comparison between technical capacity (on design and production aspects) and "invention" in the sense of architecture's own ability to anticipate solutions, even of particular expressive complexity through the mastery of technical knowledge ("techne").

In this way, the designer's responsibility is strengthened as an interpreter of technical requirements and dynamics

inventio intesa come abilità propria dell'architettura di anticipare soluzioni, anche di particolare complessità espressiva, grazie alla padronanza della conoscenza tecnica (*téchne*).

Viene così rafforzata la responsabilità del progettista come interprete di esigenze tecniche e dinamiche procedurali che, pur nell'ambito dell'elevato livello di dettaglio richiesto dalla definizione esecutiva, inquadrano in modo completo e coordinato l'insieme delle scelte progettuali definite attraverso i precedenti livelli della progettazione.

In tal senso, si rivela tanto più strategica la capacità previsionale del progettista in considerazione di possibili lunghi sviluppi temporali nella realizzazione dell'opera stessa.

Questa "attività di anticipazione" è il punto focale dell'efficacia del progetto esecutivo, che caratterizza il complesso ruolo del progettista, responsabile di prefigurare le modalità della fase realizzativa.

Rispetto a ciò, l'autore parla di "previsionalità razionale" interpretando efficacemente la complessa operazione di definizione e organizzazione delle diverse attività tecniche e gestionali del progetto esecutivo.

La cultura tecnologica del progetto ha da sempre richiesto un approccio metodologico che, già nelle fasi preliminari, definisse le caratteristiche prestazionali di materiali e sistemi costruttivi coinvolti nelle scelte architettoniche, prefigurando le modalità di sviluppo delle successive fasi del processo edilizio.

Seguendo un approccio "euristico" alla definizione progettuale, non dovranno essere definiti obiettivi predeterminati e di carattere generale, sarà bensì necessario qualificare concretamente le strategie adeguate ai diversi contesti di sviluppo (sociale, ambientale, tecnologico, produttivo, ecc.), pertanto il cuore del pro-

cesses which define, even within the high level of detail required by the executive definition, in a complete and coordinated way the set of design choices defined through the previous levels of the design.

In this sense, the forecasting ability of the designer is revealed as much more strategic in consideration of possible long temporal developments in the realization of the work itself.

This "anticipation activity" is the focal point of the executive project's effectiveness, which characterizes the complex role of the designer, responsible for prefiguring the modalities of the realization phase.

Therefore, the author speaks of "rational foresight", effectively interpreting the complex task of defining and organizing the different technical and managerial activities of the executive project.

The technological culture of the design

has always required a methodological approach defining, already in the preliminary design phases, the performance characteristics of materials and construction systems involved in architectural choices, prefiguring the modalities of the development of the successive phases of the building process.

Following a "heuristic approach" to the design definition, predetermined objectives of a general nature must not be defined, will be necessary to define in concrete terms suitable strategies for different development contexts (social, environmental, technological, productive, etc.) therefore the heart of the project is in the interpretative analysis of the needs and resources available in order to set up actions aimed at defining the most effective design response. This ability, in all respects, becomes a new creative moment that the author

getto è proprio nella fase di analisi interpretativa delle esigenze e delle risorse disponibili al fine di impostare azioni mirate alla definizione della più efficace risposta progettuale.

Questa capacità si concretizza a tutti gli effetti come un nuovo momento creativo che l'autore definisce "atto trasformativo" a significare proprio la necessità di scomporre i diversi elementi della proposta progettuale perché possano essere ricomposti secondo un nuovo linguaggio legato all'operatività delle fasi realizzative.

In tale operazione di analisi di dettaglio, il difficile compito di efficacia rappresentativa è ricoperto da specifici e complessi "schemi d'azione", un'originale definizione utilizzata dall'autore per gli elaborati del progetto esecutivo, che interpreta perfettamente il ruolo strategico dei documenti tecnici nella pianificazione delle scelte operative da mettere in campo.

La struttura del testo risulta molto chiara, declinando in sezioni specifiche le diverse e necessarie interpretazioni del processo di "traduzione in termini di realizzabilità" delle scelte progettuali, stimolando riflessioni sulle possibili teorizzazioni relative all'"agire tecnologico" che definisce i criteri di ogni "formulazione esecutiva" del progetto di architettura.

Si parte da un approfondimento tecnico-metodologico che lega lo sviluppo del progetto esecutivo al necessario bagaglio di conoscenze della cultura tecnologica del progetto; una seconda parte affronta invece il ruolo del progetto esecutivo nell'operazione di "disvelamento" della realtà attraverso strumenti tecnici adeguati alla complessità e alle possibilità del mondo della produzione.

Le ultime due sezioni del testo affrontano il dibattuto tema delle "procedure di modellazione e simulazione della realtà", che vengono efficacemente qualificate come preziose possibilità inter-

defines as "transformative act" to mean precisely the need to break down the different elements of the project proposal so that they can be recomposed according to a new language related to the operativity of the realization phases.

In this detailed analysis operation, the difficult task of representative effectiveness is covered by specific and complex "action schemes", an original definition used by the author for the executive project documents, which perfectly interprets the strategic role of technical documents in the planning the operational choices to be made.

The structure of the text is very clear, declining in specific sections the different and necessary interpretations of the process of "translation in terms of feasibility" of the design choices, stimulating reflections on the possible

theorizations related to the "technological act" which defines the criteria of each "executive formulation" of the architectural design.

Starting from a technical-methodological study linking the development of the detailed design to the necessary knowledge of the technological culture of the project; a second part deals instead with the role of the detailed design in the operation of "disclosure" of reality through technical tools adapted to the complexity and possibilities of the production world.

The last two sections of the text deal with the much-debated theme of "modeling and simulation procedures of reality", which are effectively qualified as valuable interpretative possibilities of a homogeneous and coordinated set of design choices.

The "modeling process" thus takes on a dual role; on the one hand "the mod-

pretative di un insieme omogeneo e coordinato di scelte progettuali.

Il "processo di modellazione" assume così un duplice ruolo; da un lato "i modelli" prefigurano nel dettaglio la realtà produttiva e realizzativa, fino a simulare le successioni temporali dello sviluppo costruttivo; al tempo stesso gli elementi modellati nel dettaglio su tutti gli aspetti progettuali rappresentano, durante tutte le fasi seguenti dello sviluppo realizzativo, strumenti essenziali per la verifica delle soluzioni ipotizzate.

Completa il testo una ricca appendice esemplificativa di soluzioni tecniche che illustrano "formulazioni esecutive" per i differenti momenti progettuali, individuando, in base al ruolo svolto dall'elaborato, specifici linguaggi tecnico-descrittivi, attraverso una "simbolizzazione linguistica" efficacemente codificata che definisce il tramite tra la formulazione progettuale e la soluzione realizzativa.

Nell'insieme il testo offre numerosi spunti di riflessione sul ruolo del progetto esecutivo e sulle opportunità che si offrono ai progettisti per una più responsabile definizione di scelte architettoniche in grado di tradursi in realizzazioni realmente di qualità, anche in considerazione di una maggiore attenzione ai temi della sostenibilità, intesa in senso ampio, coinvolge in modo significativo la prefigurazione di scenari anche molto lontani dalla fase progettuale (fase d'uso e gestione del bene, scenari di fine vita, ecc.).

Federica Meoli

els" prefigure in detail the productive and realization reality, until simulating the temporal successions of the constructive development; at the same time the elements modeled in detail on all the design aspects are, during all the following phases of the development, essential tools for the verification of the assumed solutions.

The text is completed by a rich example appendix of technical solutions that illustrate "executive formulations" for the different design moments, identifying, according to the role played by the elaborate, specific technical-descriptive languages, through an effectively codified "linguistic symbolization" that defines the through the design formulation and the implementation solution.

Overall, the text offers many elements of reflection on the role of the detailed design and on opportunities for de-

signers for a more responsible definition of architectural choices that can result in truly quality achievements also in consideration of a greater attention to the themes of sustainability, understood in a broad sense, significantly involves the prefiguration of scenarios that are also very far from the planning phase (use phase and asset management, end-of-life scenarios, etc.).

Federica Meoli



Roma Agrawal

Costruire. Le strutture nascoste dietro le architetture

Bollati Boringhieri, Torino (TO), 2019

L'esperienza costruttiva acquisita nel corso di migliaia di anni ha portato alla realizzazione di casi studio esemplari nell'ambito dell'architettura e delle costruzioni.

Tale esperienza spazia dall'incremento di precisione nel calcolo delle strutture, all'individuazione delle soluzioni maggiormente aderenti alle condizioni ambientali, al maturare di abilità progettuali di tecnici e progettisti, all'avanzamento tecnologico nel campo delle verifiche strutturali e degli scenari predittivi di comportamento delle strutture, alla capacità di reazione e resistenza di edifici e costruzioni a calamità naturali inattese o previste (terremoti, tornadi, inondazioni, fenomeni di subsidenza, ecc.).

Tali aspetti di solito sono considerati di importanza relativa nel racconto sull'architettura, che invece si concentra maggiormente sulle scelte stilistiche, materiche e funzionali degli edifici, mentre le "storie" di ingegno ingegneristico, che comprendono calcoli complessi, pensiero innovativo e soluzioni smart nella risoluzione delle problematiche strutturali restano di solito celate o riservate ad un pubblico molto specializzato.

Il romanzo dell'Ing. Agrawal intende invece rendere accessibili tali informazioni e contenuti anche a un pubblico non esperto, per avere una migliore comprensione della storia dell'ingegneria strutturale, e allo stesso tempo delle abilità scientifiche e progettuali nascoste dietro gli edifici e le incredibili strutture di cui sono composti.

Il volume rappresenta infatti un repertorio molto variegato di casi, realizzati in diverse parti del mondo, dove l'autore, seppur

Roma Agrawal

Costruire. Le strutture nascoste dietro le architetture

Bollati Boringhieri, Torino (TO), 2019

The construction experience acquired over thousands of years has led to the creation of exemplary case studies in the field of architecture and construction.

This experience ranges from the increase in competencies in the calculation of structures, to the identification of the solutions most in keeping with environmental conditions; to the development of design skills of technicians and designers; to the technological advancement in the field of structural checks and predictive scenarios for the behaviour of structures; to the ability of buildings and constructions to react and resist unexpected or expected natural disasters (earthquakes,

tornadoes, floods, subsidence phenomena, etc.).

These aspects are usually considered of relative importance in the history of architecture, which instead focuses more on the stylistic, material and functional choices of buildings, while the "stories" of engineering, which include complex calculations, innovative thinking and smart solutions in solving structural problems are usually hidden or reserved for a very specialized audience.

The narration by Eng. Agrawal intends instead to make this information and contents accessible to an inexperienced audience, to have a better understanding of the history of structural engineering, and at the same time of the scientific and design skills hidden behind the buildings and the incredible structures of which they are composed.

giovannissimo, ha vissuto o ha lavorato, raccontando aneddoti, fornendo informazioni sia sulla storia che sugli aspetti tecnici legati a costruzioni di varia natura: ponti, grattacieli, edifici con diverse funzioni. Vengono pertanto presentate sia esperienze critiche legate a crolli e collassi dovuti al fattore umano oppure ad eventi calamitosi non previsti o prevedibili, sia casi di successo legati all'ingegneria strutturale.

Gli edifici descritti nel libro rappresentano quindi una testimonianza di periodi storici precisi, con riferimento a tecniche e materiali delle diverse epoche, in cui emerge la profonda comprensione che gli ingegneri hanno maturato nel prevedere l'effetto delle forze della natura e dello stress che queste forze esercitano sulle strutture artificiali.

Questo processo temporale prende avvio da processi intuitivi in epoca preistorica, che nel corso del tempo si sono affinati sia attraverso la comprensione e l'avanzamento scientifico relativo al comportamento statico e dinamico delle costruzioni, sia attraverso l'introduzione di nuovi materiali e tecnologie.

La rete di travi, sostegni, colonne e capriate ha assunto nel corso del tempo un nuovo significato anche formale, consentendo la realizzazione di costruzioni sempre più performanti e complesse, che necessitano di modelli di calcolo sofisticati e capaci di ottenere simulazioni aderenti al reale comportamento in casi di calamità naturali. Piegando l'ingegneria strutturale alle esigenze di una forma spettacolare, si porta dentro l'architettura uno sguardo grafico, fotografico e cinematografico, come nel caso del grattacielo Taipei 101.

Il romanzo descrive le pietre miliari che hanno determinato l'evoluzione nella tecnica e nella tecnologia delle costruzioni, come ad esempio il racconto relativo alla caduta delle Torri Gemelle

The book represents a very varied repertoire of cases, made in different parts of the world, where the author, although very young, has lived or worked, telling anecdotes, providing information on both the history and technical aspects related to various typology of constructions: bridges, skyscrapers, buildings with different functions. Therefore, critical experiences related to collapses and structural damages due to the human factor or to unforeseen or foreseeable calamitous events are presented, as well as success stories related to structural engineering.

The buildings described in the book are therefore a testimony to precise historical periods, with reference to techniques and materials of different modus operandi, in which emerges the deep understanding that engineers have developed in predicting the effect

of the forces of nature and the stress that these forces exert on artificial structures.

This temporal process starts from intuitive processes in prehistoric times, which over time have been refined both through the understanding and scientific advancement related to the static and dynamic behavior of buildings, and through the introduction of new materials and technologies.

The network of beams, supports, columns and trusses has taken on a new formal meaning over time, allowing the construction of increasingly performing and complex buildings, which require sophisticated calculation models and able to obtain simulations adhering to the real behavior in cases of natural disasters. Bending structural engineering to the needs of a spectacular form, it is possible to bring into the architecture a graphic, photographic

del World Trade Center, quale risultato di difetti ingegneristici non prevedibili nel 1973, anno di costruzioni delle Torri.

Dopo tale catastrofe, gli ingegneri hanno iniziato a progettare torri con nuclei stabili in calcestruzzo, per conferire maggiore stabilità ma anche una via di fuga in caso di catastrofe. O ancora il caso della Muraglia Cinese, durante la cui costruzione sono state sperimentate innovazioni nel campo della malta, inserendo del riso appiccicoso per conferire maggiore "flessibilità" al composto per evitare rotture in condizioni climatiche estreme.

Questi e altri aneddoti costellano il libro di esempi chiave, rendendo il lettore consapevole che i progressi nel settore delle costruzioni sono stati generati non solo da innovazioni nel campo della tecnica e dei materiali (dall'acciaio adottato nel mondo delle costruzioni in tempi relativamente recenti rispetto alla scoperta della lega, al calcestruzzo armato, le cui prime sperimentazioni sono state effettuate su vasi di argilla nel XIX secolo), ma anche da esigenze legate alla natura geologica dei luoghi (Città del Messico); da necessità politiche (ad esempio la volontà di Singapore di ottenere l'indipendenza idrica dalla Malesia: oggi Singapore raccoglie il 90% delle sue acque piovane, più di qualsiasi altro paese al mondo. Inoltre, riutilizza una grande quantità di acque reflue e, nel 2005, ha aperto il suo primo impianto di desalinizzazione, che produce ogni giorno 30 milioni di litri di acqua potabile), da problematiche di natura sanitaria (il sistema fognario di Londra fu realizzato nel 1875, in risposta a epidemie di colera e a cattivi odori che si sprigionavano dal Tamigi. Attraverso una rete di gallerie, che dovevano passare sotto il Tamigi e i suoi affluenti e portare i rifiuti della città in mare, venne realizzato un impianto sovradimensionato per circa 4 milioni di persone – il doppio di quelle che allora vivevano in città), ecc.

and cinematographic look, as in the case of the skyscraper Taipei 101.

The book describes the milestones that have determined the evolution in technique and construction technology, such as the story of the fall of the Twin Towers of the World Trade Center, as a result of unforeseeable engineering defects in 1973, the year of construction of the Towers.

After this catastrophe, engineers began to design towers with stable concrete cores, to provide greater stability but also an escape route in the event of a catastrophe. Or the case of the Wall of China, during the construction of which innovations were tested in the field of mortar, inserting sticky rice to give more "flexibility" to the compound to prevent breakage in extreme weather conditions.

These and other anecdotes dot the book of key examples, making the

reader aware that progress in the construction sector has been generated not only by innovations in the field of technology and materials (from steel adopted in the construction world relatively recently compared to the discovery of the alloy, to reinforced concrete, whose first experiments were made on clay vessels in the nineteenth century), but also by needs related to the geological nature of the places (Mexico City); or to policy needs (e.g. Singapore's willingness to achieve water independence from Malaysia) mean that today Singapore collects 90% of its rainwater, more than any other country in the world. In addition, it reuses a large amount of wastewater and, in 2005, opened its first desalination plant, which produces 30 million litres of drinking water every day), from health problems (the sewer system of London was built in 1875,

Questa evoluzione, narrata attraverso l'illustrazione di accadimenti e soluzioni, è ancora in atto, e, man mano che nuove tecnologie continuano ad emergere (stampanti 3D, biomimetica, robotizzazione) è possibile raggiungere tecniche di costruzione sempre più sostenibili ed economiche.

Ognuno degli otto capitoli di "Costruire" ha affrontato una grande sfida ingegneristica, intrecciando scienza, storia, illustrazioni e storie personali, e offrendo una finestra affascinante sul mondo delle costruzioni, attraverso una trattazione tecnico-divulgativa, riconducendo ogni idea alle sue origini, prima di aggiornarla con un esempio contemporaneo. L'esigenza di «trovare un equilibrio tra bellezza visiva e integrità tecnica», di cui parla l'autrice nel suo libro, sembra testimoniare una tensione verso un'etica del costruire in continuo rinnovamento. L'ingegneria strutturale viene assunto dall'autrice quale un territorio nel quale è possibile germinare nuove idee, raccontando della forza che "fluisce" attraverso gli oggetti, e che può assumere un potere di trasformazione anche sociale.

Valentina Gianfrate

in response to epidemics of cholera and bad smells that were emitted by the Thames. Through a network of tunnels, which had to pass under the Thames and its tributaries and bring the city's waste into the sea, an oversized plant was built for about 4 million people – twice as many as then lived in the city), etc.

This evolution, narrated through the illustration of events and solutions, is still in progress, and as new technologies continue to emerge (3D printers, biomimicry, robotization) it is possible to achieve increasingly sustainable and economical construction techniques.

Each of the eight chapters of "Built" has faced a great engineering challenge, interweaving science, history, illustrations and personal stories, and offering a fascinating window on the world of construction, through a technical-dissemination treatment, taking each idea

back to its origins, before updating it with a contemporary example.

The need to «find a balance between visual beauty and technical integrity», of which the author speaks in her book, seems to testify to a tension towards an ethic of building in continuous renewal. The author assumes structural engineering as a territory in which it is possible to germinate new ideas, telling of the force that "flows" through objects, and that can assume a power of transformation, even social.

Valentina Gianfrate



Carlo Piano e Renzo Piano

Atlantide. Viaggio alla ricerca della bellezza

Feltrinelli, Milano (MI), 2019

Parte dal porto di Genova il periplo alla ricerca di Atlantide, la città che ha stimolato per secoli la curiosità di filosofi, scienziati, pionieri, romanzieri e ora architetti di fama mondiale. Un viaggio che in realtà costituisce l'artificio narrativo di Carlo Piano per scandire un dialogo con suo padre e ripercorrere insieme le storie che si celano dietro i suoi progetti più importanti. Nel racconto ricorrono le immagini del porto, dell'acqua e della luce che si riflette sul mare, elementi rievocati abilmente nelle architetture di Renzo Piano: il «Beaubourg sembra una nave, fuori scala e in secca. Il Whitney un vascello che galleggia sopra Manhattan, lo Shard l'albero maestro dei clipper che galoppavano dalle Indie al Tamigi».

A bordo della nave Ammiraglio Magnaghi il viaggio diventa l'occasione per guardare indietro, con maggior consapevolezza, ai progetti realizzati, alla loro relazione con la storia, i costumi, le abitudini, le scoperte scientifiche, le rivoluzioni geopolitiche. Renzo Piano offre così una lucida rilettura di progetti come il Beaubourg figlio del Sessantotto parigino; l'intervento a Postdamer Platz iniziato due anni dopo la caduta del Muro di Berlino; il primo grattacielo edificato dopo l'11 settembre a New York; la California Academy of Science che ha prontamente captato e interpretato la vulnerabilità del nostro pianeta; l'ospedale pediatrico progettato con Emergency in Uganda, in un contesto caratterizzato da forti cambiamenti in atto. Interventi nati dalla lettura del contesto che «è ricchezza, materiale da cui attingere, una partitura da interpretare», e passa attraverso un processo

Carlo e Renzo Piano

Atlantide. Viaggio alla ricerca della bellezza

Feltrinelli, Milano (MI), 2019

The journey to Atlantis, the city that for centuries has stimulated the curiosity of philosophers, scientists, pioneers, novelists and now world-famous architects, starts from the port of Genoa. A journey that in reality constitutes a narrative artifice of Carlo Piano to strike up a dialogue with his father and retrace together the stories that lie behind his most important projects. Images of the port, the water and the light reflected on the sea recur in the story, elements skilfully evoked in Renzo Piano's architecture: the «Beaubourg looks like a ship, out of scale and in dry. The Whitney a vessel floating above Manhattan, the Shard the mainmast of the clipper that galloped from

the Indies to the Thames».

On board the ship Admiral Magnaghi the journey becomes the opportunity to look back, with greater awareness, to the projects and their relationship with history, customs, habits, scientific discoveries, geopolitical revolutions. Renzo Piano thus offers a lucid rereading of projects such as the Beaubourg, outcome of Parisian 1968; Postdamer Platz project, started two years after the fall of Berlin Wall; the first skyscraper built after September 11 in New York; the California Academy of Science which promptly picked up and interpreted the vulnerability of our planet; the pediatric hospital designed with Emergency in Uganda, in a context characterized by strong changes taking place. Architectures born from the reading of the context that «is wealth, material from which to draw, a score to be interpreted», and

creativo che non si nutre di «facili fantasie», ma si costruisce con gli occhi di chi ha dentro quarant'anni di esperienza e fa propri i contributi di altre discipline. L'approccio – richiamando il lessico marinaresco – è quello del «corsaro» che si appropria delle idee degli altri, si nutre del genio dei maestri e alla fine restituisce tutto, se possibile aggiungendo qualcosa, perché «l'importante è restituire».

La narrazione è costellata da aneddoti sulla famiglia e da dettagli – carpiati dallo sguardo attento di un figlio – capaci di svelare aspetti di Renzo Piano sconosciuti ai più, come la sua ossessione per le misure. Un gesto semplice, il misurare, esercitato senza sosta con un metro avvolgibile giallo che il «Geometra» porta sempre con sé, perché «misurare è un gesto di conoscenza, significa capire le cose». Una smania forse nata da errori giovanili dettati dalla poca esperienza, come quando nel garage di casa Renzo Piano costruì un barchino a vela e per tirarlo fuori fu costretto a demolire il muro con grande disappunto del padre.

Nei dialoghi fra padre e figlio non manca uno sguardo al futuro, rivolto all'Italia e in particolare alle periferie, fragili e dimenticate. La nomina a senatore a vita porta Renzo Piano a creare il gruppo G124 composto da giovani architetti retribuiti col suo stipendio parlamentare. Il lavoro del G124 si concentra sulle periferie con un'opera di «rammendo» attraverso interventi spesso localizzati ma capaci di innescare un circolo virtuoso di rigenerazione, costruendo luoghi per la gente, dove celebrare il rito dell'urbanità. «Il rammendo richiama l'antica pratica del risparmio di energie, tempi, mezzi e spazio. [...] Parlo di cantieri che non costringono gli abitanti a lasciare le case durante i lavori di ristrutturazione, parlo di cantieri leggeri e tolleranti». La rigenerazione, la rifunzionalizzazione e la riqualificazione sono

passes through a creative process that does not feed on «easy fantasies», but is built with the eyes of those who have forty years of experience and adopt the contributions of other disciplines. The approach – recalling the marine lexicon – is that of the «pirate» who appropriates the ideas of others, feeds on the genius of the masters and finally returns everything, if possible adding something, because «the important thing is to give back».

The narration is studded with anecdotes about the family and details – captured by the watchful eyes of a son – capable of revealing aspects of Renzo Piano unknown to most, such as his obsession with measurements. A simple gesture, measuring, exercised without stopping with a yellow roll-up meter that the «Surveyor» always carries with him, because «measuring is a gesture of knowledge, it means under-

standing things». A craving perhaps born from youth errors dictated by a slight experience, like when in his garage Renzo Piano built a small sailboat and to pull it out he was forced to demolish the wall, with great disappointment of his father.

In the dialogues between father and son there is no lack of a glimpse of the future of Italy and in particular of the fragile and forgotten suburbs. The appointment as senator for life leads Renzo Piano to create the G124 group composed of young architects paid with his parliamentary salary. The G124 work focuses on the suburbs with a work of «mending» through interventions often localized but capable of triggering a virtuous circle of regeneration, building places for the people, where to celebrate the ritual of urbanity. «The mending recalls the ancient practice of saving energy, time, means

concetti e prassi necessari per il raggiungimento di uno sviluppo urbano sostenibile, di contro «la demolizione è solo un grido di impotenza. È un gesto che può essere spettacolare, ma è retorico. Nulla è così irrecuperabile: far tabula rasa è quasi sempre un errore grossolano. Le città si trasformano, crescono e vivono nella metamorfosi». La densificazione, il costruire sul costruito, lo sviluppo implosivo diventano perciò le strategie da perseguire per limitare la crescita incontrollata delle città.

Emerge costantemente una passione verso l'edificare come atto politico, dal senso profondamente civico. Approccio che trape- la anche nel rapporto col cantiere, luogo in cui Renzo Piano si relaziona con passione e rispetto verso gli operai, accomunati da un forte senso di orgoglio del costruire. «Vale per il carpentiere giapponese dell'Isola di Kansai, per l'alpinista austriaco che saliva ogni giorno sullo Shard, per il palombaro ucraino che si immergeva nella banchisa di Berlino».

A partire dall'esperienza del Beaubourg, Renzo Piano viene accusato di essere un "tecnologo" concentrato solo sui particolari costruttivi, ma non cambia rotta e coltiva in ogni suo progetto la ricerca sui materiali, l'importanza del dettaglio, poiché come scrive lui stesso «senza *techné* non si va da nessuna parte». Si tratta di un convincimento trasmesso nello spirito dal padre e maturato nello studio di Albini dove comincia la carriera come apprendista in un luogo dove si praticava l'antica arte della bottega, un'idea rinascimentale ma attualissima, in cui il sapere si trasferisce attraverso l'esempio e la pratica della disciplina.

In una lettera scritta il giorno del suo ottantesimo compleanno, intitolata *Grazie da Renzo* e spedita al suo equipaggio – quello che lavora con lui in studio a Vesima e nel Marais – Piano sembra spiegare il senso del viaggio intrapreso sulle rive del Tamigi e

and space. [...] I am talking about construction sites that do not force the inhabitants to leave their homes during renovation works, I am talking about light and tolerant construction sites». Regeneration, redeployment and redevelopment are necessary concepts and practices for achieving sustainable urban development, in contrast «demolition is just a cry of powerlessness. It is a signal that can be spectacular, but rhetorical. Nothing is so irrecoverable: making a clean slate is almost always a gross error. Cities transform, grow and live in metamorphosis». The densification, the construction on the built, the implosive development therefore become the strategies to be pursued to limit the uncontrolled growth of the cities.

A passion for building as a political act, with a profoundly civic sense, is constantly emerging. An approach that

also transpires in the relationship with the construction site, a place where Renzo Piano relates with passion and respect towards the workers, united by a strong sense of pride in building. «It is valid for the Japanese carpenter of the Island of Kansai, for the Austrian mountaineer who climbed every day on the Shard, for the Ukrainian diver who immersed himself in the Berlin pack ice».

Starting from the experience of the Beaubourg, Renzo Piano is accused of being a "technologist" focused only on construction details, but he does not change course and cultivates in each of his projects a research on materials, the importance of detail, because as he himself writes «without *techné* you don't go anywhere». It is a conviction transmitted in the spirit by the father and matured in the study of Albini where he began his career

della Senna, nel mezzo del Pacifico, fino a raggiungere il Golden Gate Park di San Francisco, la Baia di Osaka e Atene. «Non siamo solo costruttori. Lavoriamo per il bene comune, concetto che si è quasi dimenticato, ma esiste ancora. Non siamo moralisti ma siamo architetti con una morale. Poi c'è un'altra cosa che rende questo mestiere nobile e straordinario. La ricerca della bellezza. [...] La bellezza è imprevedibile, ma provare a raggiungerla è un dovere, [...] cercarla è un gesto politico». E nelle riflessioni che seguono aggiunge: «questa bellezza rende le città luoghi migliori [...] dove vivere diventa vivere civile, l'*urbe* diventa *civitas*. E le città migliori rendono i cittadini migliori. È questa bellezza una delle poche cose che può cambiare il mondo».

La ricerca di Atlantide è quindi il racconto di una vita e di un sogno, quello di trovare il segreto della bellezza e della perfezione, consapevoli che non esiste il progetto perfetto, così come Atlantide è l'isola che non c'è. Ma in fondo non importa se Atlantide sia realtà o fantasia, forse serve a muoversi, mettersi in viaggio, porsi delle domande. «Cerchi Atlantide e non la trovi. Però la cerchi, e continui a cercarla».

Enza Tersigni

as an apprentice, in a place where the ancient art of the studio was practiced, a renaissance but very modern idea, in which the knowledge moves through the example and the practice of the discipline.

In a letter written on his eightieth birthday, entitled *Thanks from Renzo* and sent to his crew – the one who works with him in the studio in Vesima and in the Marais – Piano seems to explain the meaning of the journey undertaken on the banks of the Thames and the Seine, in the middle of the Pacific, to reach San Francisco's Golden Gate Park, Osaka Bay and Athens. «We are not just builders. We work for the common good, a concept that is almost forgotten, but still exists. We are not moralists but we are architects with a moral. Then there is another thing that makes this craft noble and extraordinary. The search for beauty.

[...] Beauty is uncatchable, but trying to reach it is a duty, [...] searching for it is a political gesture». And in the reflections that follow he adds: «this beauty makes cities better places [...] where living becomes civil life, the *urbe* becomes *civitas*. And the best cities make citizens better. This beauty is one of the few things that can change the world».

The search for Atlantis is therefore the story of a life and a dream, to find the secret of beauty and perfection, knowing that the perfect project does not exist, just as Atlantis is the island that does not exist. But in the end it doesn't matter if Atlantis is reality or fantasy, perhaps it helps to move, to take a journey, to ask questions. «You look for Atlantis and you don't find it. But you look for it, and you keep looking for it».

Enza Tersigni

a cura di/edited by Alessandro Claudi de Saint Mihiel

La Terza Missione tra dimensione innovativa e funzione di public engagement

A. Claudi de St. Mihiel,

Responsabile della Rubrica Innovazione e sviluppo industriale

Le politiche di sviluppo europeo, relativamente al rapporto tra il mondo della ricerca universitaria e quello produttivo e industriale, sono orientate alla valorizzazione della conoscenza quale nuovo capitale e fondamento strutturale dell'economia e dello sviluppo sociale.

In questo ambito si inquadrano le attività di Terza Missione (TM)¹ delle Università attraverso le quali la conoscenza originale prodotta con la ricerca scientifica viene attivamente trasformata in conoscenza produttiva, suscettibile di applicazioni economiche e commerciali, con un'attenzione significativa alla emergente dimensione culturale e sociale della TM: il *public engagement*².

Università ed Enti di Ricerca si dimostrano sempre più aperti all'interazione con la società civile; sulla scorta di esperienze maturate nel contesto internazionale, il mondo della ricerca si sta configurando sempre più come incubatore di progetti di co-creazione e diffusione dei risultati e sempre meno come custode di una cultura esclusiva.

A loro volta il mondo dell'industria e quello imprenditoriale sono chiamati a condividere il proprio *know-how* per un progressivo superamento della distanza dai diversi portatori di interesse in un'ottica di collaborazione responsabile tra i molteplici interlocutori del territorio.

In Europa si parla da alcuni anni di *Responsible Research and Innovation* (RRI), identificandone tra gli assi portanti il *public*

The Third Mission between the innovative dimension and the public engagement function

The European development policies, related to the connection between University research and the productive and industrial fields, are oriented to the enhancement of knowledge as a new capital and structural foundation of the economy and social development.

Through the activities of the Third Mission¹ of the Universities, the original knowledge produced by scientific research is actively transformed into a productive knowledge, susceptible to economic and commercial applications, with significant attention to the emerging cultural and social dimension of TM: the *public engagement*². Universities and research institutes

are increasingly open to interaction with civil society; on the basis of the experiences gained in the international context, the research world is increasingly shaping itself as an incubator of co-creation and dissemination projects and less and less as a guardian of an exclusive culture.

In turn, industry and the business world are called to share their know-how for a progressive overcoming of the distance from the different stakeholders, in a perspective of responsible collaboration between the multiple interlocutors of the territory.

In Europe, we have been talking for some years of Responsible Research and Innovation (RRI), identifying Public Engagement among the cornerstones, intended as an innovative way of doing research and training to optimize the impact that it can have on society. The need that emerges with

engagement, inteso come modalità innovativa di fare ricerca e formazione per ottimizzare l'impatto che la stessa può avere sulla società. Il bisogno che emerge con sempre più chiarezza, e che necessita di una risposta urgente, non è tanto quello di attivare una "nuova missione" all'interno delle Università, ma di sperimentare un modo nuovo di fare ricerca e didattica riscoprendo e potenziando il ruolo fondamentale di catalizzatori sociali, culturali ed economici dei nostri Atenei al fine di realizzare una reale cittadinanza scientifica³.

In questa prospettiva il cosiddetto *public engagement* è un processo dinamico e continuo di dialogo e scambio tra soggetti che operano in un contesto locale per affrontare le sfide sociali, economiche, culturali e politiche poste dalle innovazioni scientifiche e tecnologiche. L'ambito di interesse è molto vasto e all'interno della definizione di PE si possono elencare numerose e diverse strategie, obiettivi, azioni e strumenti. Il tema del coinvolgimento del pubblico nelle attività di ricerca è divenuto negli anni sempre più importante. Recentemente, nell'ambito degli studi sulla TM delle università, l'ANVUR⁴ ha intensificato gli sforzi per cercare di analizzare le iniziative che in varia misura puntano a favorire un coinvolgimento diretto del pubblico, delle associazioni e delle imprese. La TM descrive quindi un processo di apertura al contesto urbano, al territorio locale (piattaforma elettiva per il suo esercizio) e, più in generale, al circostante ambiente socio-economico da parte degli atenei, chiamati a esplorare nuove opportunità d'interazione con molteplici interlocutori strategici (Di Lorenzo and Stefani, 2015).

Ad esempio l'organizzazione sistematica di seminari di documentazione sui risultati di ricerca raggiunti e di esplicitazione dei potenziali utilizzi in imprese già esistenti, o che si potrebbero

ever greater clarity, and which requires an urgent response, is not so much to activate a "new mission" within universities, but to experiment a new way of doing research and teaching by rediscovering and enhancing the fundamental role of social, cultural and economic catalysts of our universities in order to achieve a real scientific citizenship³.

In this perspective the so-called Public Engagement is a dynamic and continuous process of dialogue and exchange between subjects that operate in a local context to face the social, economic, cultural and political challenges posed by scientific and technological innovations. The area of interest is very broad and within the definition of PE numerous and different strategies objectives, actions and tools can be listed. The theme of "public involvement" in research activities has become increas-

ingly important over the years. Recently, as part of university studies on the TM, ANVUR⁴ has intensified efforts in order to analyse initiatives that aim to encourage the direct involvement of public associations and businesses. The TM therefore describes a process of opening to the urban context, to the local territory (the elective platform for its operation) and, more generally, to the surrounding socio-economic environment by universities, called to explore new interaction opportunities with multiple strategic interlocutors (Di Lorenzo and Stefani, 2015). For example, the systematic organization of seminars about the documentation on the achieved results, and on the explication of potential uses in existing companies, or that could be started through technological spin-offs and start-ups with a high scientific and technological knowledge intensity,

avviare attraverso spin-off tecnologici e start-up ad alta intensità di conoscenze scientifiche e tecnologiche, rappresenta una linea di comunicazione – poco costosa e incredibilmente fertile – per imprese e industrie.

Tematiche, queste, spesso discusse in seminari e convegni ma – secondo il mondo della ricerca industriale non accademica – ancora poco praticate come *modus* di interazione culturale (e di dinamica sociale) nelle realtà universitarie. Di conseguenza, si assiste spesso a dichiarazioni di piena disponibilità da entrambi i principali partner del gioco interattivo (Università e Imprese), non sempre riuscendo ad individuare un deciso e continuativo *commitment* con il lancio di azioni e progetti.

Tuttavia alcune esperienze maturate negli ultimi anni presso numerose Università italiane fanno guardare al futuro con ottimismo. Si è constatato come a livello nazionale il fattore vincente comune alle esperienze di ricerca, in cui si sono prodotti innovazione tecnologica e positive ricadute economiche, sia stata la dimensione locale e territoriale dell'interazione Università-Industria⁵. In questo scenario, un ruolo strategico è individuabile nella formazione dei Distretti Tecnologici, che costituiscono un network attivo su scala nazionale e internazionale per la promozione e la diffusione della cultura dell'innovazione nel settore costruzioni promuovendo lo sviluppo di attività di ricerca scientifica, trasferimento tecnologico e formazione specialistica (Claudi, 2014).

In regione Campania è presente dal 2010 la società consortile STRESS – Sviluppo Tecnologie e Ricerca per l'Edilizia Sismicamente Sicura ed ecoSostenibile – che tra i soci annovera anche l'Università di Napoli Federico II ed ha come obiettivo quello di integrare le competenze delle eccellenze scientifiche espresse

represents a – cheap and incredibly fertile – communication line for businesses and industries.

These issues are often discussed in seminars and conferences but – according to the world of non-academic industrial research – still little practiced as a *modus* of cultural interaction (and social dynamics) in the universities. As a consequence, we often see declarations of full availability from both the main partners of the interactive game (Universities and Companies), not always succeeding in identifying a decisive and continuous commitment with the launch of actions and projects.

However, some experiences gained in the recent years in many Italian universities make one look to the future with optimism. It was found that at the national level the winning factor common to research experiences, in which

technological innovation and positive economic effects were produced, was the local and territorial dimension of the University-Industry interaction⁵. In this scenario, a strategic role can be identified in the formation of the Technological Districts, which constitute an active network on a national and international scale for the promotion and dissemination of the culture of innovation in the construction sector, by promoting the development of scientific research, technological transfer and specialized training (Claudi, 2014).

In the Campania region, the STRESS consortium company – Technology Development and Research for Seismically Safe and Eco-sustainable Building – has been present since 2010; it includes among its members the University of Naples Federico II and aims to integrate the expertise of scientific excellence expressed by the territory in

dal territorio in termini di ricerca universitaria e di competenze espresse dalle industrie⁶.

Ma come sono percepite le attività di Terza Missione al di fuori del mondo accademico e in particolare da aziende e PMI? Quale considerazione c'è del rapporto tra impresa e Università?

Sicuramente in passato lo scollamento tra mondo della produzione e quello accademico è stato significativo e ha prodotto autoreferenzialità da un lato e poca propensione all'innovazione dall'altro, questo anche a causa di una scarsa conoscenza del territorio e delle sue potenzialità. Inoltre, "l'individualismo" delle imprese, quale distorta forma di difesa del *know how*, ha portato le imprese stesse a non sfruttare il potenziale moltiplicatore di innovazione della rete non riuscendo a percepirne i vantaggi. Ancora, appare più difficile organizzare efficaci relazioni tra ricerca e industria nei paesi e nelle regioni in cui la struttura economica è fortemente orientata alla piccola-media dimensione d'impresa.

Oggi, a testimonianza di una positiva inversione di tendenza, le aziende ritengono che sia indispensabile entrare a far parte di "incubatori" di innovazione in cui convergono diverse competenze tutte orientate all'innovazione tecnologica e alla sperimentazione in un'ottica di commercializzazione e valorizzazione della conoscenza.

All'Università Ca' Foscari di Venezia, ad esempio, è attivo il Research and Innovation Corporate Affiliates Programme, programma di affiliazione proposto per moltiplicare le opportunità di collaborazione nella ricerca tra Ateneo e imprese. Tra gli obiettivi quelli di chiarire i fabbisogni produttivi del territorio nel medio-lungo termine e generare nuovi investimenti in ricerca promuovendo innovazione e trasferimento di conoscenza.

terms of university research and skills expressed by the industries⁶.

But how are Third Mission activities perceived outside the academic world and in particular by companies and SMEs? What is the consideration of the relationship between business and the university?

Certainly, in the past, the disconnection between the world of production and the academic world has been significant and has produced self-referentiality on the one hand and little propensity for innovation on the other, this also due to a lack of knowledge of the territory and its potential. Moreover, the "individualism" of the companies, as a distorted form of defence of the know-how, has led the companies themselves not to exploit the potential multiplier of innovation of the network, failing to perceive the advantages. Again, it is more difficult

to organize effective relations between research and industry in countries and regions where the economic structure is strongly oriented towards small-medium size businesses.

Today, as an evidence of a positive turnaround, companies believe that it is indispensable to become part of innovation "incubators" in which different skills converge, all oriented to technological innovation and experimentation with a view to commercialization and enhancement of knowledge. At the Ca' Foscari University of Venice, for example, the Research and Innovation Corporate Affiliates Program is active, an affiliation program proposed to multiply the opportunities for collaboration in research between the University and companies. Among the objectives, to clarify the production needs of the territory in the medium to long term and generate new invest-

Con RICAP Ca' Foscari apre le porte alle aziende innovative che decidono di investire puntando sui talenti e condividendo le linee di ricerca dell'Università attivando tutte le possibili forme di partnership per la ricerca, dai laboratori congiunti a assegni, borse di ricerca e dottorati, anche industriali.

All'Università l'industria riconosce non solo la capacità di esprimere elevati contenuti di conoscenza ma soprattutto il metodo per trasmetterla; le si chiede quindi di aiutare le imprese ad approfondire i bisogni rappresentando un facilitatore del dialogo diretto con i diversi stakeholder gestendo la complessa dinamica delle relazioni tra i vari attori nel gioco dell'innovazione territoriale nel campo della ricerca applicata, dello sviluppo sperimentale e dell'inserimento di nuove professionalità e competenze tecniche nel sistema produttivo (*placement*).

Secondo il mondo della produzione la trasformazione in termini di produttività della conoscenza richiede ancora uno sforzo attivo da parte delle Università. Non si tratta di realizzare un meccanico "trasferimento" di conoscenza, che potrebbe essere realizzato anche da soggetti intermediari diversi dai ricercatori. Le buone pratiche suggeriscono che i produttori di conoscenza sono invitati a promuovere attività specifiche nella direzione della applicabilità, quali *proof of concept*, simulazione, prototipazione, *testing*. Tali attività sono fondamentali per il verificarsi delle condizioni di successo per i processi di valorizzazione⁷ e di competitività delle imprese in ambito nazionale e internazionale.

NOTE

¹ La Terza Missione è definita dall'ANVUR come: «L'insieme delle attività con le quali le università entrano in interazione diretta con la società, for-

ments in research by promoting innovation and knowledge transfer. With RICAP Ca' Foscari opens its doors to innovative companies that decide to invest by focusing on talents and sharing the University's research lines, activating all possible forms of research partnerships, from joint laboratories to checks, research grants and, also industrial, doctorates.

The industry recognizes to University not only the ability to express high contents of knowledge but above all the method to transmit it; it is therefore asked to help companies to deepen their needs by representing a facilitator of direct dialogue with the various stakeholders, managing the complex dynamics of relations between the various actors in the game of territorial innovation, in the field of applied research, experimental development and inclusion of new and

technical skills in the production system (*placement*).

According to the world of production, the transformation in terms of knowledge productivity still requires an active effort by universities. It is not a question of creating a mechanical "transfer" of knowledge, which could also be carried out by other intermediaries. Good practices suggest that knowledge producers are encouraged to promote specific activities in the direction of applicability, such as proof of concept, simulation, prototyping, testing. These activities are fundamental for the occurrence of the conditions of success for the processes of enhancement⁷ and competitiveness of companies at national and international level.

NOTES

The Third Mission is defined by the ANVUR as: «The set of activities with

nendo un contributo che integra le missioni tradizionali di insegnamento e di ricerca». Nei paesi anglosassoni la TM viene definita *Third Stream* (terzo flusso – termine di chiara matrice economica) e si articola in tre settori:

1. il trasferimento tecnologico/*Technological Transfer and Innovation* - TTI;
2. l'educazione permanente/*Continuing Education* - CE;
3. l'impegno sociale/*Social Engagement* - SE.

² Dal documento "Linee guida ANVUR per la SUA_TM/IS" del 7 novembre 2018, gli Obiettivi strategici di Terza Missione/Impatto sociale sono: gestione della proprietà industriale; imprese spin-off; attività conto terzi; Strutture di intermediazione; gestione del patrimonio e delle attività culturali; attività per la salute pubblica; formazione continua, apprendimento permanente e didattica aperta; public engagement.

³ Intervento del Prof. Stefano Paleari, Presidente della CRUI per il triennio 2013-15, al Workshop "Destinazione Public Engagement", Torino, 10 dicembre 2015.

⁴ In Italia l'ANVUR tra il 2004 e il 2010 ha conteggiato 12.636 attività generiche di terza missione diffuse in 71 università: in particolare il placement di studenti e laureati, il networking con il territorio, la cooperazione con le imprese. Sono attività relativamente brevi (il 72% dura massimo un anno) che si pongono a supporto dell'occupabilità degli studenti (*placement*, assistenza alle start-up dello sviluppo culturale del territorio (conferenze, convegni, condivisioni di spazi), della collaborazione con istituzioni e imprese (*partnership*, intese, protocolli con organizzazioni esterne).

⁵ Ad esempio la Francia ha introdotto dal 2004 la politica dei Pôles de Compétitivité per incentivare le relazioni tra imprese orientate all'innovazione e centri di ricerca, attraverso il lancio di bandi pubblici in aree di alta densità produttiva perché luoghi che producono saperi e competenza radicati territorialmente.

⁶ STRESS è stata designata dal MIUR come soggetto attuatore del Distretto ad alta tecnologia per le costruzioni sostenibili della regione Campania. L'azione del Distretto riguarda in particolare: l'integrazione tra le competenze scientifiche e tecnologiche e le realtà imprenditoriali esistenti; la facilitazio-

which universities enter into direct interaction with society, providing a contribution that integrates traditional teaching and research missions». In the Anglo-Saxon countries, TM is defined as Third Stream (third flow – a term with a clear economic matrix) and is divided into three sectors:

1. Technological Transfer and Innovation - TTI;
2. Continuing Education - CE;
3. Social Engagement - SE.

² From the document "ANVUR Guidelines for the SUA_TM/SI" of 7 November 2018, the Strategic goals of the Third Mission/Social Impact are: industrial property management; spin-off companies; third party business; intermediary Structures; heritage and cultural activities management; public health activities; continuing education, lifelong learning and open teaching; public engagement.

³ Speech by Prof. Stefano Paleari, President of CRUI for the three-year period 2013-15, at the "Destination Public Engagement" Workshop, Turin, 10 December 2015.

⁴ In Italy the ANVUR counted between 2004 and 2010 12.636 generic third-mission activities distributed in 71 universities: in particular, the placement of students and graduates, the networking with the territory, the cooperation with companies. They are relatively short activities (72% lasts a maximum of one year) which are designed to support the employability of students (*placements*, assistance to start-ups for the cultural development of the territory (conferences, conventions, sharing of spaces), of collaboration with institutions and companies (*partnerships*, agreements, protocols with external organizations).

⁵ For example, France has introduced

ne della nascita, dello sviluppo e dell'insediamento sul territorio campano, di imprese appartenenti alla filiera delle costruzioni che potranno beneficiare delle positive ricadute legate allo sviluppo di attività di ricerca, in termini di innovazione di processo e di prodotti; l'attuazione delle azioni di dimostrazione e diffusione dei risultati delle attività di ricerca; le sperimentazioni per la realizzazione di prototipi, finalizzati al trasferimento delle conoscenze; lo sviluppo di strumenti di dialogo permanente e di cooperazione con Distretti Tecnologici e produttivi presenti sul territorio italiano ed estero.

⁷ La valorizzazione della ricerca si svolge attraverso molteplici processi, ciascuno dei quali segue logiche operative proprie e richiede interventi specifici: La gestione della proprietà intellettuale, l'imprenditorialità accademica (imprese spin-off), l'attività conto terzi, la collaborazione con intermediari territoriali.

REFERENCES

Claudi de Saint Mihiel, A. (2014), "Distretti tecnologici per la valorizzazione dei livelli di competitività e innovazione nel settore delle costruzioni", *Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 8

Di Lorenzo, P. and Stefani, E. (Eds.) (2015), *Università e città. Il ruolo dell'università nello sviluppo dell'economia culturale delle città*, Fondazione CRUI, Roma.

Garofoli, G. (2017), "La terza missione dell'Università: i rapporti Ricerca-Industria in Italia", *EyesReg*, Vol. 7, n. 1.

the Pôles de Compétitivité policy since 2004 to encourage relations between innovation-oriented companies and research centers, through the launch of public tenders in areas of high production density, that produce territorially rooted knowledge and skills.

⁶ STRESS has been designated by MIUR as the implementing body of the high-tech district for sustainable construction in the Campania region. The action of the District concerns in particular: the integration between scientific and technological skills and existing entrepreneurial realities; the facilitation of the birth, development and settlement in the Campania region, of companies belonging to the construction supply chain that will benefit from the positive effects related to the development of research activities, in terms of process and product innovation; the implementation of

demonstration and dissemination actions of research results; the experiments for the realization of prototypes, aimed at transferring knowledge; the development of tools for permanent dialogue and cooperation with Technological and productive Districts in Italy and abroad.

⁷ The enhancement of the research is carried out through multiple processes, each of which follows its own operating logic and requires specific interventions: the management of intellectual property, academic entrepreneurship (spin-off companies), third party activity, the collaboration with local intermediaries.

