

a cura di / edited by
Mario Losasso
Maria Teresa Lucarelli
Marina Rigillo
Renata Valente

Adattarsi al clima che cambia
Innovare la conoscenza per il progetto ambientale
Adapting to the Changing Climate
Knowledge Innovation for Environmental Design

Book series STUDI E PROGETTI
directors *Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli*
editorial board *Chiara Agosti, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, Raffaella Riva*
scientific committee *Marco Biraghi, Luigi Ferrara, Francesco Karrer, Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Jan Rosvall, Gianni Verga*

edited by
Mario Losasso
Maria Teresa Lucarelli
Marina Rigillo
Renata Valente

editorial assistants
Federica Dell'Acqua
Sara Verde

The publication is realized with PRIN 2015 "Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime" research funds. The scientific work was conducted by the following Research Units: Università degli Studi di Napoli Federico II (Principal Investigator and Research Lead Mario Losasso), Politecnico di Milano (Research Lead Elena Mussinelli), Sapienza Università di Roma (Research Lead Fabrizio Tucci), Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli* (Research Lead Renata Valente), Università degli Studi di Firenze (Research Lead Roberto Bologna), Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (Research Lead Maria Teresa Lucarelli).

The book has been subjected to blind peer review.

Cover:
Paris-Plages (photograph by Enza Tersigni, 2009)

ISBN 9788891643193

© Copyright of the Authors.
Released in the month of December 2020.
Published by Maggioli Editore in Open Access with Creative Commons License
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Maggioli Editore is a trademark of Maggioli SpA
Company with certified quality system ISO 9001:2000
47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595
www.maggiolieditore.it • e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Adattarsi al clima che cambia

Innovare la conoscenza per il progetto ambientale

Adapting to the Changing Climate

Knowledge Innovation for Environmental Design

a cura di / edited by

Mario Losasso
Maria Teresa Lucarelli
Marina Rigillo
Renata Valente

PRIN 2015 Reasearch - "Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime"

RESEARCH UNITS

Università degli Studi di Napoli Federico II
Mario Losasso (Principal Investigator and Research Lead), Marina Rigillo (Operative Coordinator), Stefano Consiglio, Maurizio Giugni, Valeria D'Ambrosio, Francesco De Paola, Anna Maria Zaccaria, Ferdinando Di Martino, Mattia Federico Leone, Enza Tersigni, Federica Dell'Acqua.
Research Collaborators: Eduardo Bassolino, Carmela Apreda, Anita Bianco, Ensyie Farrokhirad, Simona Mascolino.
Expert Group: Manfred Köhler (Hochschule Neubrandenburg), Norbert Kühn (Technische Universität Berlin), Paola Mercogliano (Fondazione CMCC, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici).

Politecnico di Milano
Elena Mussinelli (Research Lead), Andrea Tartaglia (RU Operative Coordinator), Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati, Andrea Rebecchi.

Sapienza Università di Roma
Fabrizio Tucci (Research Lead), Alessandra Battisti (RU Operative Coordinator), Serena Baiani, Domenico D'Olimpio, Romeo Di Pietro, Giuseppe Piras.
Research Collaborators: Valeria Cecafosso, Duilio Iamonico, Gaia Turchetti, Margherita Fiorini, Alessandro Malatesta, Michela Paglia, Elisa Pennacchia, Giulia Sciarretti, Violetta Tulelli, Giuseppina Vespa.
Expert Group: Thomas Auer, Daniele Santucci (Technische Universität München), Marco Cimillo (Xi'an Jiaotong - Liverpool University, Department of Architecture), Françoise Blanc (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse), Patrick Thèpot (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble).

Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*
Renata Valente (Research Lead), Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Francesca La Rocca, Mariano Pernetti, Daniela Ruberti, Sandro Strumia.
Research Collaborators: Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia.
Expert Group: Louise A. Mozingo (University of California at Berkeley), Carlo Donadio (Università degli Studi di Napoli Federico II).

Università degli Studi di Firenze
Roberto Bologna (Research Lead), Francesco Alberti, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli, Giulia Guerri, Giulio Hasanaj.
Expert Group: Alfonso Crisci (Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze), Marianna Nardino (Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna), Daniele Vergari (Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno).

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria
Maria Teresa Lucarelli (Research Lead), Martino Milardi (RU Operative Coordinator), Corrado Trombetta.
Research Collaborators: Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella.
Expert Group: Valerio Morabito (Università Mediterranea di Reggio Calabria - Upenn, University of Pennsylvania); Giovanni Cavanna (Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche ITC-CNR).

Indice / Summary

9 **Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani / Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration**
Mario Losasso

15 **Progetto ambientale e sfida climatica / Environmental Design and Climate Challenge**
Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente

Le parole della ricerca / The Research Terms
a cura di / editor *Martino Milardi*

24 Costruire un glossario per l'adattamento climatico / Editing a Glossary for Climate Adaptation
Martino Milardi

31 Cambiamento climatico / Climate Change, *Paola Mercogliano*
41 Hazard, *Rossella Rossi*, *Maria Vittoria Arnetoli*
47 Onda di calore / Heat Wave, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
51 Pluvial Flooding, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
55 Disaster Risk, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
61 Climate Sensitivity, *Carlo Donadio, Alberto Fortelli*
71 Indicatori di impatto / Impact Indicators, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
77 Vulnerabilità ai rischi naturali / Vulnerability to Natural Hazards, *Mattia Federico Leone*
83 Adattamento climatico e gestione del rischio / Climate Adaptation and Risk Governance, *Mattia Federico Leone*
89 Mitigazione climatica / Climate Mitigation, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
95 Resilienza / Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
99 Resilienza urbana / Urban Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
103 Resilience Management, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*
107 Rigenerazione urbana / Urban Regeneration, *Alessandra Battisti, Gaia Turchetti*
113 Eco-Distretto / Eco-District, *Fabrizio Tucci, Serena Baiani*
123 Infrastrutture verdi / Green Infrastructure, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*
127 Nature-Based Solution, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*
131 Servizi ecosistemici / Ecosystem Services, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*
135 Approccio bioclimatico / Bioclimatic Approach, *Valeria Cecafosso, Domenico D'Olimpio*
141 Efficienza energetica / Energy Efficiency, *Giuseppe Piras, Elisa Pennacchia*
145 Involucro/ Envelope, *Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
151 Climate Responsive Design, *Enza Tersigni*
157 Design Complexity, *Francesca La Rocca*

Dialogo / Dialogue
167 Dialogo intorno ai saperi per l'adattamento al clima / Dialogue about the Climate Adaptation Knowledges
Martino Milardi, Rosario Giuffré

Misurare l'adattamento climatico / Estimating Climate Adaptation
a cura di / editor *Valeria D'Ambrosio*

172 Progetto *climate proof*: indicatori, controllo e monitoring / Climate Proof Project: Indicators, Control and Monitoring
Valeria D'Ambrosio

179 Biotope Area Factor (BAF), *Anita Bianco*
183 Riduzione Impatto Edilizio (RIE), *Eduardo Bassolino*
187 Digital Terrain Model (DTM), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
191 Sky View Factor (SVF), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
195 Urban Aspect Ratio, F*rancesco Alberti, Giulia Guerri*
199 Albedo, *Eduardo Bassolino*
203 Indice di permeabilità / Permeability Index, *Roberto Bosco, Salvatore Cozzolino, Carlo Donadio*
207 Trasmittanza termica dinamica / Dynamic Thermal Transmittance,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
211 Rapporto superficie opaca /trasparente / Opaque/Transparent Surface Ratio,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
215 Interfaccia edificio - spazio aperto / Building - Open Space Interface,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
219 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), *Romeo Di Pietro, Duilio Iamonico, Sandro Strumia*
223 Air Pollutant, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
229 Indicatore di riduzione di CO_2 e CO_2eq / Indicator of CO_2 and CO_2eq Reduction,
Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia
235 Greenhouse Gases, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
241 Temperatura Media Radiante (TMR) / Mean Radiant Temperature (MRT), *Valeria Cecafosso*
245 Physiological Equivalent Temperature (PET), *Marco Cimillo*
249 Predicted Mean Vote (PMV), *Marco Cimillo*
253 Velocità del vento / Wind Speed, *Marco Cimillo*

Dialogo / Dialogue
257 L'uso degli indicatori nel progetto ambientale / Use of Indicators in the Envronmental Project
Federica Dell'Acqua, Norbert Kühn

Casi studio per l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico / Case Studies for Climate Change Adaptation
a cura di/ editor *Renata Valente*

262 Esperienze di progetti ambientali multiscalari / Multi-scale Environmental Design Experiences,
Renata Valente

267 Il Piano di Adattamento Climatico di Barcellona 2018-2030 / Pla Clima de Barcelona 2018 - 2030, *Enza Tersigni*
273 La scelta green di Amburgo: "das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011" / The Hamburg Green Option: "das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011", *Federica Dell'Acqua*
281 Approccio ecosistemico e soluzioni Nature-Based a Berlino: "StEP Klima 2016" / Ecosystem Approach and Nature-Based Solutions in Berlin: the "StEP Klima 2016", *Federica Dell'Acqua*

289 Strumenti di pianificazione resiliente a Rotterdam / Resilient Planning Tools in Rotterdam, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
295 La collaborazione istituzionale per il piano di adattamento di Padova / The Institutional Collaboration for the Padua Adaptation Plan, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
301 Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi / The Clichy-Batignolles Integrated Regeneration Project in Paris, *Valeria Cecafosso*
307 Euromediterranée-Smartseille Recovery, *Gaia Turchetti*
313 Ginko: un eco-quartiere sul lago di Bordeaux / Ginko: an Eco-neighborhood on the Lake Bordeaux, *Valeria Cecafosso*
319 Caserne De Bonne: il nuovo centro di Grenoble / Caserne De Bonne: the New Grenoble Center, *Valeria Cecafosso*
325 La riconversione ambientale di Ekostaden Augustenborg a Malmö / The Environmental Reconversion of Ekostaden Augustenborg in Malmö, *Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
331 Hammarby Sjostad: rigenerazione urbana a Stoccolma / Hammarby Sjostad: Urban Regeneration in Stockholm, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
337 Uno spazio verde sospeso a Dallas: Klyde Warren Park / A Suspended Green Space in Dallas: the Klyde Warren Park, *Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
341 Forestazione urbana a Bologna: il Progetto Gaia / Urban Forestry in Bologna: the Gaia's Project, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
349 Il programma per le green streets a Portland / Green Streets Program in Portland, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
355 Philadelphia Green Stormwater Infrastructures*, Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
361 La gestione adattiva delle acque meteoriche a Seattle / Adaptive Stormwater Management in Seattle, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
367 Bagby Street Reconstruction: un'infrastruttura adattiva a Houston / Bagby Street Reconstruction: an Adaptive Infrastructure in Houston, *Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
375 Il corridoio ecologico del Passeig Sant Joan a Barcellona / The Ecological Corridor of the Passeig Sant Joan in Barcelona, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
383 Water Square Benthemplein: spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water Square Benthemplein: Multifunctional Urban Spaces in Rotterdam, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
391 Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge square / Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge square, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*

Dialogo / Dialogue
399 Replicabilità e direzioni per il progetto ambientale appropriato / Replicability and Directions for Appropriate Environmental Design *Renata Valente, Louise A. Mozingo*

Final Remarks

406 Sul confine. Assetti plurali per il progetto di adattamento climatico / On the Border. Plural Assets for the Climate Adaptation Project *Marina Rigillo*

Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani
Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration

Mario Losasso, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

L'adattamento climatico in ambito urbano

Le conseguenze del cambiamento climatico impongono di innovare il sistema di conoscenze, strategie e azioni progettuali al fine di fornire efficaci contributi ai processi di adattamento in ambito urbano. Su di essi convergono importanti scelte per il futuro da parte della comunità scientifica, della società e dei numerosi organismi istituzionali responsabili delle politiche tecniche e della ricerca sul *climate change*. Gli impatti, crescenti per intensità e accelerazione, richiedono quindi una risposta culturale e progettuale basata su differenti approcci sia alla scala urbana che edilizia, in cui le implicazioni ambientali si caratterizzino come un imprescindibile fattore-guida e in cui, programmaticamente, si attui una significativa convergenza tra una pluralità di saperi per gestire la complessità delle sfide in atto. Gli approcci innovativi, non più rinviabili nel tempo, richiedono competenze culturali e scientifiche in grado di sperimentare e misurare l'efficacia del progetto ambientale in termini *climate/site specific*.

La ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*[1] muove dalla considerazione che esiste oggi la necessità di una ridefinizione del quadro teorico e metodologico del progetto ambientale, entro cui far convergere azioni finalizzate a definire, misurare e sperimentare strategie per il contrasto alla sfida climatica nei contesti urbani italiani. La ricerca ha affrontato il tema dell'adattamento climatico a partire dalle zone urbane più vulnerabili, quelle della periferia e delle aree di margine, fissando come dimensione-base degli interventi quella del distretto urbano, considerato quale significativa dimensione di riferimento per interventi che possano avere efficacia nella prevenzione e nella riduzione degli effetti dovuti agli impatti climatici. L'idea guida del lavoro è stata quella di pervenire alla definizione di processi di *adaptive design* basati su innovativi percorsi di conoscenza, programmi strategici e progetti dimostratori per trasformare i distretti urbani esistenti in *eco-distretti*. Un aspetto centrale della ricerca ha riguardato la questione della relazione inter-

1 La ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico* è stata condotta dalle sei Unità di Ricerca delle Sedi di Napoli Federico II (P.I. e responsabile U.R. Mario Losasso), Politecnico di Milano (responsabile U.R. Elena Mussinelli), Sapienza Università di Roma (responsabile U.R. Fabrizio Tucci), Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli* (responsabile U.R. Renata Valente), Università di Firenze (responsabile U.R. Roberto Bologna), Università Mediterranea di Reggio Calabria (responsabile U.R. Maria Teresa Lucarelli).

Climate adaptation in urban areas

The consequences of climate change require innovation in the system of knowledge, strategies and project actions in order to provide effective contributions to adaptation processes in urban areas. The scientific community, society and institutional level that are responsible for technical policies and research on climate change and play an important choices for the future. Impacts, increasing in intensity and acceleration, therefore require a cultural and design response based on different approaches to both the urban and building scale, where environmental implications are characterized as an essential guideline factor and where, programmatically, there is a significant convergence between a plurality of knowledge to manage the complexity of the challenges.

The research PRIN 2015 Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime[1] is based on the observation that today there is a need for a redefinition of the theoretical and methodological framework of the environmental project, within which to bring together actions aimed at defining, measuring and testing strategies to combat the climate challenge in Italian urban contexts. The basic dimension of the interventions is that of the urban district, considered as a significant reference dimension for effective interventions in the prevention and reduction of effects due to climate impacts.

The main idea behind the work was to define adaptive design processes based on innovative knowledge pathways, strategic

1 The research PRIN 2015 Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime has been conducted by the six Research Units of the University of Naples Federico II (P.I. and U.R. Head Mario Losasso), Politecnico di Milano (U. R. Head Elena Mussinelli), Sapienza University of Rome (U. R. Head Fabrizio Tucci), University of Campania L. Vanvitelli (U. R. Head Renata Valente), University of Florence (U. R. Head Roberto Bologna), Mediterranea University of Reggio Calabria (U. R. Head Maria Teresa Lucarelli).

programmes and demonstration projects to transform existing urban districts into eco-districts. A core aspect of the research concerned the issue of the interscalar relationship in both knowledge and design experimentation. The sequence that goes from the general to the particular - as from the plan to the project - may not be fully verified at the moment when the feedback on site may significantly contradict what was foreseen in the planning phase[2].

In knowledge processes, both meta-design and design, downscaling methods have been crucial in understanding how to make the adaptation and verify the characteristics of its outcomes. The possibility of arriving at objective data sets made it possible to measure the effectiveness of the interventions through appropriate simulations and testing activities on prototypes. The use of indicators made it possible to evaluate the incidence of the same ex ante and ex post, as well as their replicability in similar contexts. The value of the downscaling process is clearly recalled in the document Global warming of 1.5°C prepared in 2018 by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which stresses how inappropriate climate adaptation measures can have negative impacts on communities and the overall sustainable development process in the ecological transition of urban systems: «adaptation projects in various sectors can cause an increase in greenhouse gas emissions and water use, increase gender and social inequalities, worsen health conditions and take space away from natural ecosystems» (IPCC, 2018, p. 21). The environmental project is part of a strategic horizon aimed at connecting the multiplicity of approaches and instances in a systemic, demanding, procedural and experimental complexity, consciously far from the idea of the project as a "closed", autonomous and self-disciplined product. Its innovative role must be connoted as a point of convergence in the choice and integration of solutions deriving also from numerous disciplinary fields external to architecture (Morin, 2015), introducing them into the heuristic path of environmental design.

Research, peripheral urban contexts and framework of technical policy

The PRIN 2015 research started from the consideration of the high vulnerability to climate impacts of peripheral or marginal urban areas compared to other urban contexts. This condition increases the impact on the health of inhabitants, building systems and the socio-economic environment. Recent national and international technical policy guidelines for cities attribute a central role to the regeneration processes of urban districts as a development

scalare sia nella conoscenza che nella sperimentazione progettuale. Il livello della pianificazione non sempre riesce a includere le ricadute del delicato passaggio di scala che non può essere demandato ad un automatico principio di "applicazione" locale delle scelte definite a una scala superiore. La sequenza che va dal generale al particolare – ovvero dal piano al progetto – può non essere del tutto verificata nel momento in i riscontri sul campo possono sensibilmente contraddire quanto previsto in fase di pianificazione[2].

Nei processi di conoscenza, sia di tipo meta-progettuale che progettuale, le modalità di *downscaling* sono risultate determinanti per comprendere *come* realizzare l'adattamento e *quali* potrebbero essere gli esiti dello stesso. La possibilità di pervenire a set di dati oggettivi ha permesso infatti di misurare l'efficacia degli interventi attraverso appropriate simulazioni e attività di *testing* su prototipi, mentre l'uso di indicatori ha consentito di valutare l'incidenza degli stessi *ex ante* ed *ex pos*t, nonché la loro replicabilità in contesti analoghi. Il valore del processo di *downscaling* è chiaramente richiamato dal documento *Riscaldamento globale di 1,5°C* elaborato nel 2018 dal Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, nel quale si sottolinea quanto interventi di adattamento climatico non appropriati possano determinare impatti negativi sulle comunità e sul complessivo processo di sviluppo sostenibile nella transizione ecologica dei sistemi urbani: «i progetti per l'adattamento in svariati settori possono causare un aumento delle emissioni di gas serra e dell'uso di acqua, incrementare le diseguaglianze di genere e sociali, peggiorare le condizioni sanitarie e togliere spazio agli ecosistemi naturali» (IPCC, 2018, p. 21).

Il progetto ambientale si inserisce in tal senso in un orizzonte strategico finalizzato a connettere la molteplicità degli approcci e delle istanze in una complessità sistemica, esigenziale, processuale e sperimentale, consapevolmente lontana dall'idea di progetto come prodotto "chiuso", autonomo e autodisciplinato. Il suo ruolo innovativo deve connotarsi come un punto di convergenza nella scelta e nell'integrazione delle soluzioni derivanti anche da numerosi campi disciplinari esterni all'architettura, richiamando le interazioni fra i saperi per una razionalità complessa capace di affrontare le contraddizioni senza rimuoverle (Morin, 2015), introiettandole nel percorso euristico del progetto ambientale.

La ricerca, i contesti urbani periferici e il quadro della politica tecnica

La ricerca PRIN 2015 ha preso le mosse dalla considerazione dell'elevata vulnerabilità agli impatti climatici degli ambiti urbani periferici o di margine rispetto ad altri contesti urbani. Questa condizione aggrava le ricadute sulla salute degli abitanti, sui sistemi edilizi e sull'ambito socioeconomico. I recenti indirizzi della politica tecnica nazionale e internazionale per le città attribuiscono un ruolo centrale ai processi di rigenerazione dei distretti urbani quale fattore di sviluppo capace di incidere positivamente sulla qualità ambientale e sulla coesione sociale.

Il contesto culturale in cui si è inserita la ricerca PRIN 2015 prende forma in una fase storica in cui, a valle della ventunesima riunione della Conferenza delle parti (Cop21) della Convenzione sui Cambiamenti Climatici, tenutasi a Parigi nel dicembre 2015, si sviluppa un movimento di maggiore consapevolezza sul tema

2 *In the field of applied research in the urban environment, actions to control and verify the effectiveness of interventions at the local scale are still limited.*

2 Nel campo della ricerca applicata in ambito urbano sono ancora limitate le azioni per il controllo e la verifica dell'efficacia degli interventi alla scala locale.

del contrasto del *climate change* e dei suoi effetti. Il nuovo scenario in via di definizione, nel consolidare l'attenzione sulla riduzione delle emissioni di agenti climalteranti, ha spostato progressivamente il suo focus su strategie e azioni di adattamento, viste quale fattore combinato con quelle di mitigazione climatica. Nel periodo di impostazione della ricerca, l'adattamento climatico[3] diventa centrale nei documenti di politica tecnica e di indirizzo scientifico di organismi internazionali e nazionali.

I documenti di politica tecnica evidenziano quanto sia necessaria la previsione di un livello strategico preliminare – determinante per la focalizzazione di obiettivi prefissati – a cui segua un livello delle azioni, dalle quali devono derivare scelte progettuali con un forte carattere dimostrativo e diffusamente replicabili sul territorio al fine di raggiungere appropriati livelli di adattamento climatico. In particolare, con il recente documento del *Green Deal* europeo, la Commissione Europea fissa le nuove tappe per una più ambiziosa strategia in materia di adattamento, al fine di intensificare il rafforzamento della resilienza, della prevenzione e della preparazione a contenere gli impatti climatici (Commissione Europea, 2019).

Anche nel nostro paese si riscontra un incremento della "sensibilità climatica" del mondo della ricerca, dell'industria, delle professioni così come di quello dell'associazionismo e del terzo settore, sempre più consapevoli dell'importanza delle azioni da attuare nei prossimi anni[4]. Si fa strada la consapevolezza che la sfida si svolgerà sul terreno delle città, che sono responsabili di circa il 65% del totale delle emissioni di agenti climalteranti ma sono anche i luoghi dove gli impatti del cambiamento climatico sono più intensi in virtù della maggiore esposizione di persone e beni ai fenomeni estremi. Infatti, la risposta di adattamento del sistema urbano «dipende prevalentemente dalle conformazioni spaziali e dalla morfolo-

3 Nella definizione fornita dall'Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC nel Quinto Rapporto di Valutazione (WGII AR5) del 2014 l'adattamento è definito in termini generali come il processo di adeguamento al clima (in atto o prevedibile) e ai suoi effetti. Su questa linea si sono attestati da un lato gli indirizzi dell'Unione Europea (Commissione Europea, *Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*, 2013; Conclusioni del Consiglio Europeo *Una Strategia europea di Adattamento al Cambiamento Climatico*, 2013), dall'altro quelli nazionali (MATTM, *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici SNAC*, 2015; CMCC *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC*, 2017 ancora in corso di approvazione). Va ricordata, inoltre, l'attività sul tema svolta negli ultimi anni da numerose Agenzie intergovernative e governative, tra cui spicca la European Environment Agency (EEA).

4 Un esempio è costituito dal *Green City Network*, promosso dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (FoSS) e presentato a Milano nel 2019, in cui è stata presentata la "Dichiarazione per l'adattamento climatico nelle città", sintetizzata in 10 punti: 1. Definire ed aggiornare piani e misure per l'adattamento climatico delle città; 2. Integrare le politiche e le misure di adattamento con quelle di mitigazione del cambiamento climatico; 3. Aggiornare la valutazione dei rischi e le misure sia di emergenza, sia di medio e lungo termine; 4. Valorizzare le ricadute positive delle misure di adattamento e contabilizzare i costi dell'assenza delle misure; 5. Sviluppare le capacità adattive; 6. Puntare di più sulle soluzioni basate sulla natura; 7. Ridurre la vulnerabilità e i rischi delle precipitazioni molto intense; 8. Affrontare le ondate e le isole di calore; 9. Promuovere gli investimenti; 10. Rafforzare la governance.

factor capable of having a positive impact on environmental quality and social cohesion. The cultural context of the PRIN 2015 research takes shape in a historical phase in which, following the twenty-first meeting of the Conference of the Parties (Cop21) of the Convention on Climate Change, held in Paris in December 2015, a movement of greater awareness on the issue of climate change and its effects is developing. The new scenario being defined, focused on reducing emissions of climate-altering agents, has progressively shifted its focus to adaptation strategies and actions, seen as a combined factor with climate mitigation. In the period in which the research is being set up, climate adaptation[3] becomes central in the technical and scientific policy documents of international and national institutions. The technical policy documents highlight the importance of forecasting a preliminary strategic level - decisive for the focusing of pre-established objectives - to be followed by a level of actions, from which must derive design choices with a strong demonstrative character and widely replicable on the territory, in order to achieve suitable levels of climate adaptation. In particular, with the recent European Green Deal document, the European Commission sets the new stages for a more ambitious adaptation strategy, in order to intensify the strengthening of resilience, prevention and preparedness to contain climate impacts (European Commission, 2019).

Also in our country there is an increase in the "climate sensitivity" of the world of research, industry, professions as well as associations and the third sector, increasingly aware of the importance of the actions to be implemented in the coming years[4]. The challenge will take place on the field of cities, which are responsible for about 65% of total emissions of greenhouse gases but are also the places where the impacts of climate change are most intense due to the increased exposure of people and

3 In the definition provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in the Fifth Assessment Report (WGII AR5) of 2014 adaptation is defined in general terms as the process of adaptation to the climate (ongoing or foreseeable) and its effects. On the one hand, the European Union guidelines (European Commission, EU Climate Change Adaptation Strategy, 2013; European Council, A European Climate Change Adaptation Strategy, 2013), on the other hand the national guidelines (MATTM, SNAC National Climate Change Adaptation Strategy, 2015; CMCC National Climate Change Adaptation Plan PNACC, 2017, still in the process of approval).

4 An example is the Green City Network, an initiative promoted by the Foundation for Sustainable Development (FoSS) and presented in Milan in 2019, in which the "Declaration for Climate Adaptation in Cities" was promoted, summarized in 10 points.

goods to extreme phenomena. In fact, the adaptation response of the urban system «depends mainly on the spatial conformations and morphology of buildings and urban elements, as well as construction techniques, performance and specific characteristics, such as thermal mass and reflectance of surfaces, as well as the presence of vegetation» (D'Ambrosio, 2016, p. 28).

Peripheries and marginal areas are among the most disadvantaged and vulnerable due to the low quality of construction and the disadvantaged conditions in which communities are forced to live. In particular, coinciding with the start of the PRIN research, the national debate on the peripheries was resumed, with uncertain outcomes, however, in view of the importance of the issue that should be more considered in the government agenda of our country, as well as adequately funded to make the peripheral urban districts better equipped in terms of services and infrastructure. Their physical, social and economic vulnerability should therefore be reduced through appropriate "climate-proof" actions, which can be implemented in a widespread manner and capable of developing regenerative processes. The research approach has been related to Objective 11 of the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development[5]. Through adaptive design approaches in areas characterised by critical environmental trends, the research has investigated the applicability of strategic technological and environmental design guidelines. Using technological innovations in process, design and product, scenarios were simulated and performance assessed, defining procedures, methodologies and operational tools, implementing strategies and solutions on a local scale to reduce the vulnerability of urban districts.

Research steps and methodological innovation

The research was organised according to specific work packages that marked the stages of evolution, comparison, specification and dissemination of the results. The lines of approach and the intermediate validation paths were verified on the basis of a comparison with a strong operational network that has constituted, in scientific relations with prestigious national and international partners, a strategic positioning factor in terms of skills and ability to disseminate know-how[6]. First of all, the

5 Point 11 of the Agenda 2030 action programme for Sustainable Development signed in September 2015 by the governments of the 193 UN member states, foresees, among other things, to increase the number of sustainable and inclusive urban areas by 2030.

6 The scientific and operational basis was referred to projects on PON, POR-EURDF, UNDP-United Nations Development Programme, CNR Iris and others. The research has

gia degli edifici e degli elementi urbani, nonché dalle tecniche costruttive, dalle prestazioni e da specifiche caratteristiche, quali la massa termica e la riflettanza delle superfici, oltre che dalla presenza di vegetazione. Lo stato fisico, funzionale e prestazionale di questi elementi rappresenta dei fattori predisponenti per il grado di vulnerabilità agli impatti climatici» (D'Ambrosio, 2016, p. 28).

Le periferie e le aree di margine sono fra le aree più sfavorite e maggiormente vulnerabili per la bassa qualità delle costruzioni e per le condizioni disagiate in cui sono costrette a vivere le comunità. L'obiettivo di una rinnovata qualità dell'architettura delle periferie richiede al progetto di governare numerosi aspetti, da quelli relazionali a quelli culturali, ambientali e socioeconomici. In particolare, in coincidenza con l'avvio della ricerca PRIN, si è registrata la ripresa del dibattito nazionale sulle periferie, con esiti tuttavia incerti a fronte dell'importanza del tema che dovrebbe essere maggiormente considerato dall'agenda governativa del nostro paese, nonché opportunamente finanziato per rendere i distretti urbani periferici meglio dotati in termini di servizi e infrastrutture. La loro vulnerabilità fisica, sociale ed economica va quindi ridotta attraverso appropriate azioni "a prova di clima", che possano essere attuate in maniera diffusa e capaci di sviluppare processi rigenerativi.

Nella impostazione della ricerca, tali criticità e prospettive sono state relazionate all'Obiettivo 11 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile[5]. Attraverso approcci di *adaptive design* in aree caratterizzate da trend ambientali critici, la ricerca ha indagato l'applicabilità di indirizzi strategici e soluzioni di progettazione tecnologica e ambientale. Ricorrendo a innovazioni tecnologiche di processo, progetto e prodotto, si sono simulati scenari e valutate prestazioni, definendo procedure, metodologie e strumenti operativi, attuando strategie e soluzioni alla scala locale per ridurre la vulnerabilità dei distretti urbani.

Le tappe della ricerca e l'innovazione metodologica

La ricerca è stata organizzata secondo specifici *work package* che hanno segnato le tappe di evoluzione, confronto, specificazione e disseminazione dei risultati. Le linee di impostazione e i percorsi di validazione intermedia sono stati verificati in base al confronto con un robusto network operativo che ha costituito, nei rapporti scientifici con prestigiosi partner nazionali e internazionali, un fattore di posizionamento strategico per competenze e capacità di diffusione del *know how*[6].

5 Il punto 11 del programma d'azione Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU, prevede, fra l'altro, di incrementare entro il 2030 il numero delle aree urbane sostenibili e inclusive. e di ridurre le calamità naturali e l'impatto ambientale negativo pro-capite della città.

6 La base di partenza scientifica e operativa ha fatto riferimento a progetti su finanziamenti PON, POR-FESR, UNDP-United Nations Development Programme, CNR Iris e altri. La ricerca ha tratto sostegno e scambio scientifico attraverso relazioni internazionali e nazionali fra le quali si segnalano: San Francisco Planning Department, California College of the Art, University of San Francisco, Fraunhofer Institute Munich, ENSA Paris Belville, Technische Universität Berlin, Hochschule Neubrandenburg, UCCRN-Urban Climate Change Research Network, Technische Universität München, School of Architecture at the City College of New York, la Agencia de Desarollo Urbano Barcelona Regional, SITdA – Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura, CMCC – Centro euroMediterranneo sui Cambiamenti Climatici, Associazione Analisti Ambientali.

Preliminarmente si è attuata la costruzione del background scientifico e, in quanto parte integrante delle metodologie di ricerca, è stato sviluppato un glossario dei concetti-chiave per il progetto di adattamento climatico. Il glossario ha rappresentato un approccio metodologico avanzato per costruire una rielaborazione per il trasferimento interpretativo al campo dei saperi propri della Progettazione ambientale. Genesi, interpretazioni, usi scientifici, trasferimenti semantici, concettuali e operativi, sono stati ricostruiti in chiave originale e non reperibile nella letteratura scientifica di riferimento, poiché molti dei concetti provengono da altri settori disciplinari.

L'innovazione metodologica ha poi riguardato la costruzione di sistemi di indicatori per il monitoraggio e la misurazione - attraverso simulazioni e *testing* - di valori in grado di definire sia le condizioni di criticità legate agli impatti climatici, sia gli esiti ex-post degli interventi di rigenerazione urbana. La lettura critica di casi studio internazionali e nazionali, specificamente tematizzati, ha restituito prassi efficaci, trasferibili e applicabili ai contesti nazionali secondo appropriati livelli interscalari. Un'attenzione particolare è stata rivolta alla selezione di quelle esperienze costituite da casi significativi delle problematiche e delle opportunità riscontrabili alle diverse scale delle azioni di adattamento climatico. Il repertorio di casi studio ha così rappresentato una lettura interpretativa indirizzata a individuare dimensioni conformi, modalità di intervento, tipologie di soluzioni tecnico-progettuali.

In base a queste elaborazioni, la tesi espressa nel volume *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*, primo dei due volumi che tracciano il resoconto scientifico della ricerca PRIN 2015, si fonda sulla necessità di innovare modalità e sistemi di conoscenza con cui affrontare la definizione dei topics analitico-interpretativi a supporto di processi di *adaptive design* efficaci e misurabili. La metodologia adottata sia per la fase di conoscenza che per quella applicativa, fondata su approcci sistemici, processuali, prestazionali attuati in chiave sperimentale in diversi contesti nazionali, è descritta nel secondo volume della ricerca, intitolato *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico*.

La sperimentazione, attuata attraverso progetti dimostratori, si presenta come il prodotto di maggiore interesse applicativo della ricerca. Allo scopo di comprendere le criticità dei contesti di intervento e, quindi, di definire procedure specifiche per il loro superamento, la ricerca ha focalizzato l'attenzione sulla relazione tra le condizioni degli impatti climatici e le caratteristiche dell'ambiente urbano. Tale obiettivo ha previsto la selezione degli elementi chiave per l'efficacia del progetto di adattamento climatico e, conseguentemente, dei sistemi di indicatori appropriati al controllo dell'intervento. Gli apporti convergenti di una pluralità di saperi hanno rappresentato una condizione di lavoro consolidata nei fondamenti scientifico-disciplinari della progettazione tecnologica e ambientale (Schiaffonati et al., 2011). Gli esiti sperimentali degli interventi di adattamento climatico sono stati attuati secondo una serie di step: analisi, condizioni di criticità, programmazione strategica, metaprogettazione, masterplan e progetti pilota, verificati attraverso simulazioni e azioni di *testing* avanzato anche su prototipi. Lo sviluppo di progetti dimostratori ha fornito indicazioni specifiche per le modalità di intervento volte a prevenire, contenere o evitare i danni degli impatti climatici, o per sviluppare opportunità favorevoli determinate dalle nuove condizioni nell'ambito della vivibilità urbana, della sua infrastrutturazione e della transizione verso eco-distretti *climate proof*.

Nella prassi della ricerca tecnologica, il fattore della conoscenza ha sempre

construction of the scientific background was implemented and, as an integral part of the research methodologies, a glossary of key concepts for the climate adaptation project was developed. The glossary represented an advanced methodological approach to build a re-elaboration for the interpretative transfer to the field of knowledge proper to Environmental Design. The methodological innovation concerned the construction of indicator systems for monitoring and measuring - through simulations and testing - values able to define both the critical conditions related to climate impacts and the ex-post results of urban regeneration interventions. The critical reading of international and national case studies has given back effective practices, transferable and applicable to national contexts according to appropriate inter-scalar levels. Particular attention has been paid to the selection of those experiences made up of significant cases of the problems and opportunities that can be found at the different scales of climate adaptation actions. The repertoire of case studies thus represented an interpretative reading aimed at identifying conforming dimensions, modes of intervention, types of technical-project solutions. On the basis of these elaborations, the thesis expressed in this volume, the first of the two volumes that outline the scientific report of the PRIN 2015 research, is based on the need to innovate ways and systems of knowledge to address the definition of analytical-interpretative topics in support of effective and measurable adaptive design processes. The methodology adopted for both the knowledge and the application phase, based on systemic, process and performance approaches implemented in an experimental way in different national contexts, is outlined in the second volume of the research, entitled From Urban Districts to Eco-districts. Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation.

The analytical and design experimentation, implemented through pilot projects, is the product of greatest application interest in research. In order to understand the criticality of the intervention contexts and, therefore, to define specific procedures to overcome them, the research has focused on the relationship between the conditions of climate impacts and the characteristics of the urban environment. This objective involved the selection of key elements for the effectiveness of the climate adaptation project and, consequently, of appropriate indicator systems to control the intervention. The convergent contributions of a plurality of knowledge have represented a consolidated working condition in the scientific-disciplinary foundations of technological and environmental design (Schiaffonati et al., 2011). The experimental results of climate adaptation interven-

---

drawn support and scientific exchange through important international and national networks.

tions have been implemented according to a set of steps: analysis, critical conditions, strategic planning, meta-design, masterplans and pilot projects, verified through simulations and advanced testing actions also on prototypes. In the practice of technological research, the knowledge factor has always represented a strong investigative and problem-setting value. On the basis of these preconditions, the experimental design developed in the research has defined a path capable of taking into account the analytical data and the criticalities detected, the parameters at stake and the rules of the context from which to "learn". In this perspective, the experimental activity has produced a non-univocal design inspired by a heuristic process in which, however, there are significant elements of verification in the measurability of the results. In fact, if the project is characterized as a complex and multidisciplinary process, it becomes a singular place of the multiplicity of relationships between agents, subjects and contextual conditions (Losasso, 2011).

The challenges of our time require intersectoral convergences that solve common problems, to be addressed through collaborations between scientific sectors and new types of skills related to innovative actions in the fields of ecosystems and sustainable development (Mazzucato, 2020). In this way, adaptation issues are framed in the supply chain which, on the one hand, links impacts, vulnerability, exposure and adaptive responses while, on the other hand, adheres to the most recent objectives of the scientific community, aimed at correlating adaptation measures with climate mitigation measures. The issue of impacts - and how to govern them - will represent one of the main trends in the near future, in which sustainability and social impact issues will be accompanied by impact and the circular economy for responses to be coordinated on a large scale, linking resources, objectives and assessment of the impacts produced, to combat both climate crises and the increase in inequalities.

rappresentato una forte valenza istruttoria e di *problem setting*. In base a queste premesse, la progettazione sperimentale sviluppata nella ricerca ha definito un percorso capace di tener conto dei dati analitici e delle criticità rilevate, delle variabili in gioco e delle regole del contesto da cui "apprendere". In questa prospettiva, è stata sperimentata una progettualità non univoca ma, viceversa, ispirata a un processo euristico in cui sussistono tuttavia significativi elementi di verifica nella misurabilità degli esiti. Se infatti il progetto si caratterizza come un processo di natura complessa e multidisciplinare, esso diventa assimilabile al risultato di un percorso di interpretazione del reale in cui concorrono elementi oggettivi e apporti creativi, diventando così un singolare luogo della molteplicità delle relazioni fra variabili agenti, soggetti e condizioni contestuali (Losasso, 2011).

Le sfide del nostro tempo richiedono convergenze intersettoriali che siano risolutive dei problemi comuni, da affrontare attraverso collaborazioni fra settori scientifici e nuovi tipi di competenze legate alle azioni innovative negli ambiti ecosistemici e dello sviluppo sostenibile (Mazzucato, 2020). In tal modo i temi dell'adattamento sono inquadrati nella filiera che, da un lato, collega impatti, vulnerabilità, esposizione e risposte adattive mentre, dall'altro, aderisce ai più recenti obiettivi della comunità scientifica tesi a correlare le misure di adattamento con quelle di mitigazione climatica oltre che con una molteplicità di azioni coerenti con lo sviluppo sostenibile. La tematica degli impatti – e di come governarli - rappresenterà uno dei principali *trend* del prossimo futuro, in cui temi della sostenibilità e dell'impatto sociale si accompagneranno alla *impact* e alla *circular economy* per risposte da coordinare su ampia scala, collegando risorse, obiettivi e valutazione del livello di impatto generato per contrastare sia le crisi climatiche che l'incremento delle disuguaglianze.

References

Commissione Europea (2019), *Green Deal Europeo*, available at: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it.

D'Ambrosio, V. (2016), "Conoscenza del sistema urbano e progetto ambientale climate adaptive / Knowledge of urban system and climate adaptive environmental design", in D'Ambrosio, V. & Leone M. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), *AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, available at: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Riscaldamento globale di 1,5°C,* available at: https://ipccitalia.cmcc.it/ipcc-special-report-global-warming-of-1-5-c.

Losasso, M. (2011), "Il progetto come prodotto di ricerca scientifica", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 2.

Mazzucato, M. (2020), *Non sprechiamo questa crisi*, Laterza, Roma-Bari.

Morin, E. (2015), *Insegnare a vivere. Manifesto per cambiare l'educazione*, Cortina Editore, Milano.

Schiaffonati, F., Mussinelli, E. & Gambaro, M. (2011), "Tecnologia dell'architettura per la progettazione ambientale", *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 1.

Progetto ambientale e sfida climatica
Environmental Design and Climate Challenge

Maria Teresa Lucarelli, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Marina Rigillo, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
Renata Valente, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

«*Good design in fact is like good poetry. Not in any sense of sublimity, but in the sheer rightness of choice from the many possible for each part. Each part must fit tightly, must work accurately, must conform to the interaction of the rest. The beauty in good design is that of appropriateness, of least effort for what is achieved. It derives from a feeling that all that is in place is properly in place, that not a piece can be rearranged, that nothing is to excess*»
W. Brian Arthur*

Intorno all'environmental design

Il discorso sul progetto ambientale si è evoluto da tematica di nicchia ideologica anti-establishment nei primi anni 60 del secolo scorso ad un'istanza prima etica e quindi di nuovo politica negli anni 90, quando è stato progressivamente imputato ad un ambito della più vasta letteratura scientifica internazionale. Negli ultimi decenni, con l'evolversi della normativa prescrittiva ed il moltiplicarsi degli studi settoriali, l'*environmental design* ha ha occupato stabilmente diversi canali di divulgazione delle discipline tecniche, trasferendo il portato di innovazione a varie fasce di interlocuzione settoriale, sociale e politica, sebbene talvolta con approfondimenti incompleti o auto-riferiti. La ricognizione *ex post* su alcuni passaggi chiave degli avanzamenti culturali si offre pertanto sia come utile strumento di orientamento per la ricerca e l'applicazione pratica, sia per introdurre il lavoro di ricerca che qui si illustra.

Tra gli aspetti centrali del dibattito vi è la condizione di complessità che informa il progetto ambientale dagli albori della sua teorizzazione attribuendovi ricchezza epistemica e metodologica (Valente, 2009; Lucarelli & Rigillo, 2018). In particolare, si richiamano sia le riflessioni teoriche degli anni '80 e '90 (Ceruti & Bocchi, 1985; Morin, 1993; Ciribini, 1992), sia le intuizioni pionieristiche di Ian McHarg nel 1969, con l'implementazione di un metodo di approccio alla conoscenza (*overlay mapping*) attraverso la produzione di carte tematiche basate sul principio dell'interdisciplinarità e sull'utilizzo di indicatori sempre più strutturati. Di pari passo con l'istituzione del Harvard's Laboratory of Computer Graphics (1965) i processi di raccolta, registrazione, interpretazione e trattamento dei dati per il progetto ambientale concorrono alla costruzione di un metodo scientifico condiviso. La combinazione di queste circostanze nel tempo unirà i primi concetti di ipertesto alle sofisticate evoluzioni dei sistemi geografici e digitali, che mettono in relazione sistemi di mappatura e produzione di conoscenza grazie alla capacità

About environmental design

The discourse on the environmental project has evolved from an ideological niche anti-establishment theme in the early 1960s to a first ethical and then again political one in the 1990s, when it was progressively ascribed to a field of the widest international scientific literature. In the last decades, with the evolution of prescriptive regulations and the multiplication of specialized studies, the environmental project has permanently occupied several channels of dissemination for technical disciplines, transferring innovation to various groups of specialized, social and political interlocutors, although sometimes with incomplete or self-referred insights. The ex post reconnaissance of some key steps in the cultural advancement of the environmental project is therefore a useful tool for guidance in research and practical application, as well as for introducing the research work illustrated here.

Among the central aspects of the debate there is the condition of complexity informing environmental design from the beginning of its theorizing and attribution of epistemic and methodological richness (Valente, 2009; Lucarelli & Rigillo, 2018). In particular, we recall both the theoretical reflections of the 1980s and 1990s (Ceruti &Bocchi, 1985; Morin, 1993; Ciribini, 1992) and Ian McHarg's pioneering intuitions in 1969, with the implementation of a knowledge approach method (overlay mapping) through the production of thematic maps based on interdisciplinarity and use of structured indicators. Together with the establishment of Harvard's Laboratory of Computer Graphics (1965), the processes of data collection,

* Brian Arthur W. (2009), *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*, Simon and Schuster Free Press NY, p.78.

recording, interpretation and processing for environmental design contribute to the construction of a shared scientific method. The combination of these circumstances over time will connect mapping and knowledge production systems thanks to the ability to manage more refined information (Wallis & Rahmann, 2016)[1]. In the meantime, strongly influenced by McHarg's experience, the disciplinary research of environmental design turns with increasing interest towards a systemic approach, looking without ideological prejudice at forms of collaboration between knowledge. Important achievements are in advanced scientific awareness, the development of an innovative working method and design experimentation.

In the history of the disciplinary debate the systemic design approach is the consequent second key element leading to discussions on the hybridization between knowledge, declining meanings and operative potential of shared modalities. These, although with cultural obstacles such as delimitations of areas and competences, progressively legitimised environmental design as a collaborative creative process, inspired by the figure of "design scientist" advocated by Buckminster Fuller back in 1969.

However, different interpretations of key environmental research concepts are not infrequent, as on the application of the principles of the scientific design method, paying for the difficulty in building a common conceptual ground. It is therefore necessary to implement reciprocal contamination producing a shared language, overcoming resistance rooted in the specialisms and in the presumed disciplinary uniqueness of the approaches.[2] The challenges facing environmental design today

di gestire informazioni più raffinate (Wallis & Rahmann, 2016)[1]. Nel frattempo, fortemente condizionata dall'esperienza di McHarg, la ricerca disciplinare della progettazione ambientale si rivolge con sempre maggiore interesse verso un approccio di tipo sistemico, guardando senza pregiudizio ideologico alle forme di collaborazione tra saperi. Esiti importanti di tale maturazione sono nella consapevolezza scientifica avanzata, nello sviluppo di un metodo di lavoro innovativo e nelle sperimentazioni progettuali.

Nella storia del dibattito disciplinare l'approccio sistemico al progetto è il conseguente secondo elemento chiave che ha portato ad un articolato confronto sull'ibridazione tra saperi, declinando significati e potenzialità operative di modalità condivise. Queste, pur non prive di ostacoli culturali quali la delimitazione di ambiti e competenze, hanno progressivamente legittimato il progetto ambientale come processo creativo collaborativo e plurale, ispirato alla figura di "design scientist" preconizzata da Buckminster Fuller già nel 1969.

Non sono infrequenti, tuttavia, interpretazioni diverse di concetti cardine della ricerca ambientale (come, ad esempio, nel caso della resilienza) piuttosto che sull'applicazione dei principi del metodo scientifico al progetto, pagando la difficoltà e il ritardo nella costruzione di un comune terreno concettuale come di codici di riferimento condivisi. Occorre dunque implementare le contaminazioni reciproche e la produzione di un linguaggio comune, superando resistenze radicate negli specialismi e nella presunta unicità disciplinare degli approcci[2]. Le sfide che oggi attendono la progettazione ambientale richiedono l'integrazione di più professionalità, piuttosto che la sostituzione di ruoli. Ciò è particolarmente vero per il progetto di adattamento al cambiamento climatico, dove insieme alle altre discipline del progetto architettonico si intersecano studi sul clima, sugli aspetti sociali, su suolo e sottosuolo, sui cicli delle acque e dell'aria, sull'energia e sui materiali, sulla vegetazione, sul trattamento dei dati, suggerendo spunti e direzioni anche sull'innovazione dei processi di interrelazione tra le competenze.

La complessità delle prestazioni richieste impone, inoltre, la considerazione di fattori non esclusivamente legati all'interpretazione fisica dei processi e una visione del progetto non confinata nel dominio specialistico del *problem solving*.

---

1 A very effective reconstruction of the relationship between environmental project and digital technologies (especially mapping technologies) is reported by Wallis & Rahmann. In particular, the Authors highlight the co-evolution of McHarg's methodological issues and the development of software that is increasingly adapted to the project. The advancement of cognitive principles links project thinking with the learning and development methods typical of digital culture.

2 The extent of the environmental discourse sometimes also led to generalizations or repetitiveness, as overruns in neighbouring disciplines, while interdisciplinarity should instead convene complementary competences. This condition reveals a difficulty in the setting of a common scientific background, which still lacks a solid methodological and procedural construct to facilitate the formation of a "meta-language" to overcome differences, integrating contents. The concept of metalanguage refers to the idea of a language "external" to the single specialisms to convey knowledge according to systems semantically more flexible than the consolidated

1 Una ricostruzione molto efficace della relazione tra progetto ambientale e tecnologie digitali (segnatamente quelle del *mapping*) è riportata da Wallis & Rahmann. In particolare, gli Autori evidenziano la co-evoluzione delle questioni di metodo indicate da McHarg e lo sviluppo di software sempre più adeguati al progetto, cui corrisponde l'avanzamento dei principi cognitivi che legano il pensiero progettuale con le modalità di apprendimento e di sviluppo tipiche della cultura digitale.

2 L'ampiezza del discorso ambientale ha condotto talora anche a generalizzazioni o ripetitività, piuttosto che a sforamenti nelle discipline contigue, dove l'interdisciplinarità dovrebbe invece convocare competenze complementari. Questa condizione rivela una difficoltà nella costruzione di un retroterra scientifico comune, che pur legittimato da considerazioni teoricamente condivise, manca ancora di un solido costrutto metodologico e processuale che faciliti la formazione di un "meta-linguaggio" per superare le differenze, integrando i contenuti. Il concetto di metalinguaggio rimanda infatti all'idea di un linguaggio "esterno" ai singoli specialismi e che veicoli conoscenza secondo sistemi semanticamente più flessibili rispetto agli statuti disciplinari consolidati (Tagliagambe, 2016)

Trattandosi infatti di un processo predittivo sulla relazione tra fenomeni naturali, i luoghi di vita e i modi con cui le persone utilizzano e fruiscono questi spazi, l'efficacia del progetto ambientale si misura anche con le caratteristiche del contesto sociotecnico e con l'incertezza derivante dalle molteplici, possibili "ecologie" che tale contesto lascerà emergere[3]. La necessità di un'interfaccia dinamica ed efficace con gli usi e la riconoscibilità sociale del progetto mettono in luce sia la richiesta di un metodo di lavoro che incorpori diversi specialismi, sia l'urgenza di una progettazione che interagisca con il sistema dei bisogni sociali e ambientali a cui è destinata. Una modalità plurale e collaborativa che si organizza su uno scambio di informazioni tra utenti esperti e non-esperti grazie alle tecnologie digitali, coinvolgendo più tipologie di soggetti sociali[4].

La possibilità di ricorrere a un approccio sia euristico sia analitico per la ricerca nel campo del progetto ambientale è tra i fattori di maggiore interesse degli ultimi anni. La diffusione delle tecnologie digitali e la crescente affermazione dei principi dell'*ecological-thinking* hanno determinato un cambio di paradigma, individuando più avanzati obiettivi in termini di prefigurazione e controllo dell'intervento, ma anche nuovi significati culturali e ragioni sociali per spiegare l'azione progettuale come l'unica vera possibilità di contrastare gli impatti climatici:

«we must use methodological pluralism and incorporate multiple perspectives from all legitimate stakeholders […] Changes in the ecological structure alter the context for the societal systems. Societal systems not only change the structure of the ecological systems, but also the context for the self-organizing processes of ecological systems, for example, by changing the drainage patterns into a wetland or paving a large area, which creates a heat island effect that changes the local microclimate for a woodlot. Changes in ecological process can alter the ecological structure and, consequently, the context for societal systems. […] complex eco-social interactions can only be understood through the integration of many diverse and often differing perspectives» (Waltner-Toews & Kay, 2005 p. 10).

Il progetto ambientale come mappa di conoscenza

La sfida climatica interviene in modo pervasivo nel dibattito ambientale sulla relazione tra azione antropica, caratteristiche del contesto sia fisico che sociale e dinamiche dei fenomeni di trasformazione, naturali ed indotti. L'attitudine a considerare ogni luogo come un "caso specifico", per i suoi ritmi di mutazione, la sua natura ed i suoi usi si rivela la chiave risolutiva del progetto ambientale, prefigurandone attraverso l'intervento di adattamento climatico conformazioni e assetti reattivi

3 Il concetto di ecologie emergenti è stato introdotto in letteratura da James Corner e Sten Allan, per spiegare come il progetto ambientale debba lasciar prevalere il significato collettivamente attribuito al nuovo spazio rispetto agli standard estetici fissati dal progettista. In questo modo si attribuisce un portato totalmente inedito al progetto quale veicolo di auto-regolazione e di risposta sociale: «What is important and significant here is how ecology and landscape architectural design might invent alternative forms of relationships between people, places and cosmos» (Corner, 1997 pp.42).

4 Pratiche recenti di co-design mettono in luce le possibilità di lavorare su data-base di tipo quantitativo e qualitativo, oltre a rendere comprensibili caratteristiche non fisiche dei luoghi, come le abitudini e gli usi locali (Attaianese & Rigillo, 2020).

require the integration of more professionalism, rather than the replacement of roles. This is particularly true for the project ofclimate change adaptation, where studies on climate, social aspects, soil and subsoil, water and air cycles, energy and materials, vegetation, data treatment intersect with the other disciplines of architectural design.

The required complexity also imposes to consider factors not exclusively related to the physical interpretation of processes and a design vision not confined to the specialist domain of problem solving. The effectiveness of environmental design is also measured by the characteristics of the sociotechnical context and the uncertainty deriving from the many possible "ecologies" allowed to emerge, since it is in fact a predictive process on the relationship between natural phenomena, places of life and the ways in which people use and enjoy these spaces[3]. The need for a dynamic and effective interface with the uses and social recognizability of the project highlights both the demand for a working method incorporating different specialisms and the urgency of interacting with social and environmental needs. A plural and collaborative modality organized on an exchange of information between expert and non-expert users thanks to digital technologies, involving several types of social subjects[4].

The possibility of using both a heuristic and analytical approach for environmental design research is among the most interesting aspects of recent years. The diffusion of digital technologies and the growing affirmation of the ecological-thinking principles determined a paradigm shift, identifying more advanced objectives in terms of prefiguration and control of the intervention, but also new cultural meanings and social reasons to explain the project action as the only real chance to fight climate impacts:

«we must use methodological pluralism and incorporate multiple perspectives from all legitimate stakeholders […] Changes in the ecological structure alter the context for the societal

disciplinary statutes (Tagliagambe, 2016).

3 James Corner and Sten Allan introduced the concept of "emerging ecologies" to explain how environmental design should let the collective meaning prevail over the aesthetic standards set by the designer, to let the project become a vehicle for self-regulation and social response: «What is important and significant here is how ecology and landscape architectural design might invent alternative forms of relationships between people, places and cosmos» (Corner, 1997 pp.42).

4 Recent co-design practices highlight the possibilities of working on quantitative and qualitative databases, as well as making understandable non-physical characteristics of places, like local habits and customs. (Attaianese & Rigillo, 2020).

systems. Societal systems not only change the structure of the ecological systems, but also the context for the self-organizing processes of ecological systems, for example, by changing the drainage patterns into a wetland or paving a large area, which creates a heat island effect that changes the local microclimate for a woodlot. Changes in ecological process can alter the ecological structure and, consequently, the context for societal systems. […] complex eco-social interactions can only be understood through the integration of many diverse and often differing perspectives» (Waltner-Toews & Kay, 2005 p. 10).

Environmental Design as a Knowledge Map

The climate challenge intervenes pervasively in the environmental debate on the relationship between anthropic action, characteristics of the context and the dynamics of natural and induced transformation phenomena. The attitude to consider each place as a "specific case", for its rhythms of mutation, its nature and its uses proves to be the decisive key of the environmental project. This approach presupposes the application of methods to construct reliable transformation scenarios, with the possibility of verifying different hypotheses, prefiguring interventions at different speeds and possible interrelated phenomena. Riding the uncertainty like the wise helmsman on the wave, facing with confidence the unexpected, made less dangerous through experience and the study of models and simulations. In this perspective, uncertainty management is supported by the evolution of digital instrumentation, software and virtual study environments that offer, as already mentioned, new terrain and shared languages.

The construction of cognitive reference maps is an appropriate means to perimeter of this "borderland" where a new and more structured approach to the environmental project is taking root. The map, in fact, is the cognitive tool to facilitate access to information, especially when the breadth and diversity of this information requires a scientific project aimed at selecting what is relevant from what is superfluous.

In this sense, the book presents the cultural program in the framework of the PRIN research "Adaptive Design and Technological Innovations for Resilient Regeneration of Urban Districts under Climate Change Regime" to share possible access keys to the climate adaptation project, for which the construction of the survey perimeter is the first and most difficult "play" of the research process. This is particularly true for climate risk reduction interventions in urban areas, since it is not only a field of study involving very heterogeneous disciplinary traditions, but above all because it represents a testing ground for the development of a working method in which hard and soft sciences are equally essential to determine effective solutions.

ad hoc. Questo approccio presuppone l'applicazione congiunta di metodi per costruire scenari di trasformazione attendibili, con la possibilità di verificare ipotesi differenti, anche prefigurando interventi a velocità diverse e possibili fenomeni interrelati: cavalcare insomma con disinvoltura l'incertezza come il sapiente nocchiero sull'onda, fronteggiando con sicurezza l'inaspettato, reso meno pericoloso attraverso l'esperienza e lo studio di modelli e simulazioni. In questa prospettiva, la gestione dell'incertezza è supportata dall'evoluzione della strumentazione digitale, dei *software* e degli ambienti di studio virtuali che offrono, come già detto, nuovi terreni e linguaggi condivisi per poter confrontare metodologie, protocolli, processi e risultati.

Al fine quindi di rendere quanto più possibile condivisibile e chiaro il contesto culturale fin qui descritto, la costruzione di mappe cognitive di riferimento è un mezzo opportuno per delineare il perimetro di questa "terra di confine" entro cui rapidamente sta mettendo radici un nuovo e più strutturato approccio al progetto ambientale. La mappa, infatti, è per definizione lo strumento cognitivo deputato a facilitare l'accesso alle informazioni, soprattutto quando l'ampiezza e la diversità di queste ultime richiedono la presenza, a monte, di un progetto scientifico volto a selezionare ciò che è pertinente da ciò che è superfluo assumendosene rischi e responsabilità.

In questo senso, il libro restituisce il programma culturale realizzato nell'ambito della ricerca PRIN "Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani in Regime di Cambiamento Climatico" con l'obiettivo di condividere alcune delle possibili chiavi di accesso al progetto di adattamento climatico, per cui la costruzione del perimetro di indagine costituisce la prima e più difficile "mossa" del processo di ricerca. Ciò è particolarmente vero per gli interventi di riduzione del rischio climatico nelle aree urbane, poiché non solo si tratta di un campo di studio che vede coinvolte tradizioni disciplinari molto eterogenee, ma soprattutto perché rappresenta un banco di prova per la messa a punto di un metodo di lavoro in cui *hard e soft sciences* sono parimenti essenziali per la determinazione di soluzioni efficaci e durature. La ricerca intende infatti traghettare le prassi consolidate del progetto verso modalità di *evidence-based design*, intendendo con tale termine processi decisionali scientificamente oggettivati dalla tracciabilità delle informazioni utilizzate e dalla possibilità di verificare (o di falsificare) gli esiti progettuali in una logica *safe-to-fai*l.

La mappa di questo spazio di confine è perciò una metafora adeguata a dare ragione delle scelte di principio che hanno guidato la ricerca e che rappresentano solo uno dei tanti possibili modi per affrontare il tema. Una mappa realizzata *ex post* e finalizzata a facilitare il dibattito all'interno della comunità accademica. Mappa come posizionamento scientifico del gruppo di lavoro, fortemente motivato a restituire un'organizzazione quanto più possibile sistematica della storia disciplinare attraverso l'evoluzione semantica e concettuale di alcuni termini chiave, come attraverso la selezione di processi di mediazione culturale a disposizione del progetto. La mappa è dunque necessaria per rappresentare il territorio ideale in cui si definiscono e si posizionano le voci di un glossario di base finalizzato al progetto, nonché gli strumenti di conoscenza per il controllo degli esiti (indici ed indicatori per la misurazione e la comparazione dei dati e dei modelli previsionali). La mappa, infine, come contributo semantico intende offrire criteri oggettivi di orientamento nel panorama dell'*environmental design*, proponendo una selezione

ragionata di casi scuola nella progettazione per l'adattamento climatico in cui ritrovare l'applicazione dei concetti presentati.

Tra gli argomenti che hanno spinto alla stesura di questo libro si annoverano inoltre alcuni fattori di problematicità tipicamente ascrivibili alla storia disciplinare nazionale, che pur avendo ampiamente anticipato l'interesse di ricerca per le questioni ambientali e il rischio climatico, manca ancora di una piena e immediata riconoscibilità nel panorama accademico internazionale, frammentata come risulta tra *l'Architectural Technology*, la *Landscape Architecture* e l'*Environmental Design*. Un certo disorientamento può dunque cogliere lo studioso e/o il progettista sia per la mancanza di codici interpretativi condivisi e accettati nella cultura disciplinare, sia a causa dell'accelerazione nella produzione di ricerche non sempre collocabili agevolmente nel novero della letteratura di settore. Viceversa, nel vario panorama delle discipline del progetto, la Tecnologia dell'Architettura si propone come disciplina concorrente per il contrasto degli impatti derivanti dal cambiamento climatico, rivendicando un apporto sia tecnico sia soprattutto culturale per la capacità della ricerca tecnologica di gestire il processo decisionale secondo principi e metodiche scientificamente verificabili. Si tende allora un campo elastico tra la visione teorica - complessa, integrata, caratterizzata per eccellenza da incertezza, dinamismo, olismo - e l'approccio più deterministico, espresso in definizioni, formule, indici e modelli di simulazione. In tale scenario si determina anche la necessità di definire concetti chiave in base a quanto diffusamente riconosciuto in letteratura scientifica, di controllare gli effetti delle tesi sostenute attraverso gli esiti delle applicazioni più significative. Un'idea che la ricerca PRIN assume come ipotesi di lavoro, sperimentando un metodo di approccio al progetto organizzato su sistemi di informazioni analitiche verificabili e su un processo decisionale oggettivabile nei suoi passaggi logici, validabile o falsificabile secondo le prassi del metodo scientifico.

La struttura della mappa

Alla luce delle considerazioni svolte, la struttura del libro si articola in tre parti, rappresentative a nostro avviso dei "territori di confine" che è opportuno mappare per rendere accessibili i capisaldi delle questioni teoriche elaborate dalla comunità scientifica internazionale negli ultimi anni. La logica del volume è quella di restituire l'eterogeneità di linguaggi e strumenti concettuali relativi al cambiamento climatico, proponendo interpretazioni coerenti con le esigenze del progetto, anche funzionali a "tradurre" in attività di conoscenza e decisione gli esiti degli approfondimenti settoriali.

È questo il senso della divisione del libro in tre parti distinte, aventi ad oggetto, rispettivamente, un approfondimento semantico dei lemmi rappresentativi del perimetro culturale del progetto di adattamento climatico, includendo tutte le voci specialistiche concorrenti alla sua più precisa comprensione; un focus sul tema informazione/decisione, attraverso l'analisi di alcuni tra gli indicatori più utilizzati per la produzione di quadri di conoscenza *site and hazard specific* ed infine una terza parte dedicata all'analisi di casi studio, riconosciuti dalla letteratura internazionale come esemplificativi di un effettivo avanzamento nel trasferimento dei principi dell'adattamento climatico alle forme dell'ambiente costruito. Per la riconosciuta complessità di ognuna delle tre sezioni, si è deciso di affidare ad un *discussant* interno al gruppo di lavoro l'onere di introdurre gli argomenti e quindi

The research intends to bring the consolidated practices of the project towards evidence-based design methods, meaning scientifically objective decision-making processes, the traceability of the information used and the possibility of verifying the project results in a safe-to-fail logic.

The map of this boundary space is therefore an adequate metaphor for the choices guiding the research and representing only one of the many possible ways to deal with the topic. A map produced ex post and aimed at facilitating debate within the academic community, a scientific positioning of the working group to present a systematic organization of the disciplinary history. Finally, the map, as a semantic contribution, aims to offer objective criteria of orientation in the environmental design panorama, proposing a reasoned selection of cases in climate adaptation design to find applications of the presented concepts.

Among the topics leading to the writing of this book there are some problematic factors ascribable to the national disciplinary history that largely anticipates research interest in environmental issues, but still lacks immediate recognition on the international academic scene, fragmented between Architectural Technology, Landscape Architecture and Environmental Design. A certain bewilderment may grasp the scholar and/or designer, both for the lack of shared codes of interpretation in the disciplinary culture and the production of research, not always easily placed among the field literature. Architecture Technology research aim at contrasting the impacts of climate change, claiming a technical and cultural contribution for the ability of technological research to manage the decision-making process according to scientifically verifiable principles and methods. An elastic field is then stretched between the theoretical vision - complex, integrated, characterized by uncertainty, dynamism, holism - and the deterministic approach. In this scenario, there is also the need to define scientific key concepts, to control the effects of the supported methods also to compare the results of the most significant applications. An idea that PRIN research assumes as a working hypothesis, experimenting a design method organized on verifiable analytical information systems and on an objective decision-making process in its logical steps.

Map structure

The structure of the book is divided into three parts, representative of the "border territories" to map as the cornerstones of the theoretical issues developed by the international scientific community. The aim is to present the heterogeneity of languages and conceptual tools used in studies on climate change, proposing at the same time interpretations, translating the results of sectorial studies into activities of knowledge and decision making. This is the meaning of the division of the book into

three distinct parts: a semantic analysis of the representative cultural headwords for the climate adaptation project; a focus on the theme of information/decision, through the analysis of some of the most used indicators to create site-and hazard specific knowledge frameworks; finally a third part dedicated to the analysis of case studies, recognised by the international literature as exemplifying an effective progress in the transfer of the principles of climate adaptation to the forms of the built environment. Due to the acknowledged complexity of each section, an internal discussant within the working group introduces the topics and then comments them together with relevant scholars in the field.

The first part of the book collects some of the key terms/concepts of studies on climate adaptation, considered essential knowledge factors for a stable dialogue with other disciplines. This passage defines the scientific perimeter of the research, representing the access keys for environmental design in a cross-cutting research perspective requiring updates and transfers of concepts. Therefore, for each of the twenty-three selected words, the research produced a literature review to explain the genesis of the term, its interpretations, scientific uses, and the degree of semantic, conceptual, and operational transfer in the technological area. The criteria adopted for the construction of this basic glossary define a structure articulated on the themes of risk and climate change, resilience and urban regeneration, the concept of urban district. This articulation can also be recognised in the construction of the index of the section which privileges words belonging to a common domain of meanings, rather than alphabetical order proper to the classic structure of the glossary.

As Martino Milardi observes in introducing the first part of the book, the selected entries are terms in search of a "specific meaning in unusual areas", not yet fully accepted in the technology of architecture. They are both a product of research and a cognitive tool for the research itself, populating with new knowledge that border area initially indicated as the most fertile place where to develop the climate adaptation project.

The dialogue between Milardi and Giuffré underlines the transversal nature of research on climate change and accentuates the problematic aspects related to the ethical as well as the academic or technical approach. On the same wavelength, Valeria D'Ambrosio introduces the second section by presenting the theme of knowledge and evaluation of the project's outcomes through an educated reading of the environmental indicator. This is historicized and distinguished by quality, purpose, and type of operation, underlining the importance of the evolution of the digital project. Responding to one of the key questions of the research on the cognitive tools available to the technical metalanguage of the project, the chapter presents a set of indicators for the climate adaptation design at the building and

di commentarli insieme con rilevanti studiosi del settore.

L'attenzione è in primo luogo alla delimitazione di un terreno di mediazione culturale tra i linguaggi dei diversi saperi che concorrono al progetto. La prima parte del libro raccoglie alcuni dei termini/concetti principali degli studi sull'adattamento climatico, ritenuti fattori di conoscenza essenziali per dialogare stabilmente con altre discipline. Questo passaggio definisce il perimetro scientifico della ricerca, rappresentando le "chiavi di accesso" per la progettazione ambientale in una prospettiva di *cross-cutting research* che tipicamente richiede aggiornamenti, trasferimenti di concetti, aperture verso campi di nuovo interesse. Pertanto, per ognuna delle ventitré parole selezionate, la ricerca ha prodotto una review di letteratura volta ad esplicitare la genesi del termine, le sue interpretazioni, gli usi scientifici e il grado di trasferimento semantico, concettuale e operativo del termine nell'area tecnologica. I criteri adottati per la costruzione di questo glossario di base definiscono una struttura per "famiglie", articolata sui temi del rischio e del cambiamento climatico, della resilienza e della rigenerazione urbana, sul concetto di distretto urbano (e di eco-distretto). Tale articolazione si riconosce anche nella costruzione dell'indice della sezione che privilegia l'appartenenza delle parole ad un comune dominio di significati piuttosto che la progressione secondo ordine alfabetico propria della struttura classica del glossario.

Come osserva Martino Milardi nell'introdurre la prima parte del libro, le voci selezionate sono termini alla ricerca di una «significazione specifica in ambiti non usuali», non ancora pienamente accolti nella tecnologia dell'architettura. In quanto tali, essi sono al tempo stesso prodotto di ricerca e strumento cognitivo per la ricerca medesima, popolando con nuova conoscenza quell'area di confine indicata all'inizio come il luogo più fecondo entro cui sviluppare il progetto di adattamento climatico.

Il dialogo tra Milardi e Giuffré rimarca la condizione di trasversalità della ricerca sul cambiamento climatico e ne accentua gli aspetti problematici connessi all'approccio etico oltre che a quello accademico o tecnico.



Fig. 1 - Rotterdam, 2018 (photograph by Federica Dell'Acqua)

Sulla stessa lunghezza d'onda, Valeria D'Ambrosio introduce la seconda sezione presentando il tema della conoscenza e della valutazione degli esiti del progetto attraverso una lettura raffinata dell'indicatore ambientale, che viene qui storicizzato e distinto per qualità, scopi e tipologia di funzionamento, sottolineando inoltre l'importanza dell'evoluzione del progetto digitale nel controllo, nella rappresentazione, nella misurazione e nel trattamento dei dati. Rispondendo ad una delle domande chiave della ricerca sugli strumenti cognitivi a disposizione del metalinguaggio tecnico del progetto, il capitolo presenta un set di indicatori per il progetto di adattamento climatico alla scala edilizia e urbana descritti nelle specificità di utilizzo e con l'obiettivo di sviluppare modelli innovativi integrati di valutazione della capacità di adattamento. L'urgenza di tale intenzione è ribadita anche da Norbert Kühn della Technische Universität Berlin nel dialogo con Federica dell'Acqua, dove si sottolinea sia il valore democratico e paritario, degli spazi verdi della città come fattori di ri-equilibrio ecologico, sia la necessità di rendere normale l'attenzione al contributo di essi nell'ambiente urbano, usando proprio i sistemi di indicatori quali criteri guida nel complesso processo progettuale.

Tra le lezioni apprese nell'ultimo ventennio sul progetto ambientale emerge il tema della dimensione interscalare, sia per la possibilità di esprimersi a diversi ordini di grandezza di intervento, sia per la contemporanea influenza data da una trasformazione secondo quelle che sono state definite *hierarchical cross scale dynamics and feedbacks* (Waltner-Toews and Kay, 2005). La terza parte del volume si apre, pertanto, con una serie di considerazioni di Renata Valente, la quale distingue da una parte la possibilità di sviluppare il progetto a più scale e dall'altra la simultaneità di interventi ed esiti dalle dimensioni differenti. Quest'ultima caratteristica pervade in particolare i progetti più aggiornati. Oltre a determinare di riflesso ulteriori aspetti di interdisciplinarità, aprendo questioni teoriche più generali sulla generazione di ambiti transdisciplinari, di innovativi approcci scientifici e di aggiornamenti indispensabili per gli attuali assetti teorici e soprattutto accademici.

Le realizzazioni presentate nel terzo capitolo, scelte dalle unità operative in base alla funzione di riferimento nei propri sviluppi della ricerca, sono distinte in tre gruppi: il primo comprende i piani di adattamento europei ad oggi operanti, con i casi di Amburgo, Barcellona e Rotterdam, mentre per il panorama nazionale si dà conto dell'esperienza del piano di Padova. Il tema dell'eco-distretto è sviluppato attraverso i casi di Parigi, Marsiglia, Bordeaux, Grenoble, Malmo e Stoccolma. Infine, la dimensione dello spazio aperto urbano è documentata attraverso gli esempi statunitensi dei programmi per la realizzazione e gestione di *green streets* a Portland, Philadelphia, Seattle, i casi texani a Dallas e Houston, i progetti nordeuropei di infrastrutture blu a Copenhagen e Rotterdam, mentre più a sud si richiamano le esperienze di Barcellona e Bologna.

Il riferimento strumentale a progetti scelti come esemplari per la ricerca è anche il tema delle riflessioni di Renata Valente e Louise A. Mozingo dell'Università della California di Berkeley. Considerando come la metodologia dei casi studio informi la ricerca sul progetto ambientale, si distingue il significato di questi dalle best practices e dai paradigmi, rifacendosi ad esempi di repertori di successo, mentre l'evoluzione del discorso intorno all'"editorializzazione" del progetto rimanda ai concetti di appropriatezza e declinazione locale di teorie ambientali condivise. Tre osservazioni di Mozingo in particolare aprono verso ulteriori interessanti riflessioni: la prima riguarda il declino della curva di entusiasmo sociale verso progetti di

urban scale, to develop innovative models of adaptive capacity assessment. The urgency of this intention is also expressed by Norbert Kühn of the Technische Universität Berlin interviewed by Federica dell'Acqua. He stresses both the democratic and equal value of the city's green spaces as factors of ecological re-equilibrium and the need to make normal attention to their contribution to the urban environment, using indicator systems as guiding criteria in the complex design process.

Among the lessons learnt in the last twenty years on environmental project emerges the interscalar dimension, both for the possibility to express at different scales of intervention, and for the contemporary influence given by a transformation according to what have been defined «hierarchical cross scale dynamics and feedbacks» (Waltner-Toews and Kay, 2005). The third part of the volume opens with considerations by Renata Valente, who distinguishes on one hand the possibility of developing the project on several scales and on the other hand the simultaneity of interventions and outcomes of different dimensions. This last characteristic pervades the most up-to-date projects, determining further aspects of interdisciplinarity, opening more general theoretical questions on the production of transdisciplinary fields, innovative scientific approaches and updates.

The projects presented in the third chapter, chosen by the operating units as reference in their research developments, are divided into three groups: the first includes European adaptation plans currently operating, with the cases of Hamburg, Barcelona and Rotterdam, while for the national panorama the experience of Padua is described. The theme of the eco-district is developed by presenting factsheets on the cases of Paris, Marseille, Bordeaux, Grenoble, Malmo, and Stockholm. Finally, the dimension of urban open space is documented through the US examples of programmes for green streets in Portland, Philadelphia, Seattle, the Texas cases in Dallas and Houston, the North European blue infrastructure projects in Copenhagen and Rotterdam, while, further south, examples of Barcelona and Bologna are cited.

Renata Valente and Louise A. Mozingo of the University of California at Berkeley discuss about the methodology of case studies informing research on environmental projects. They distinguish their meaning from best practices and paradigms, referring to examples of successful repertoires, while the discourse around the "editorialisation" of the project refers to the concepts of appropriateness and local declination of shared environmental theories. Three of Mozingo's observations go towards further interesting reflections: the first concerns the decline of social enthusiasm towards projects of public spaces that show sometimes precipitous ageing, drawing attention to the difficult control of both technological and participatory issues. The second reflection recalls the distinction between ideals and

reality of any project and the partiality of our knowledge «often deviated from what we want to see in any project, not what it is», recognizing special value in the search for shared evaluation criteria. Finally, the third issue raised concerns roles and functions for the coordination of the «complexity of appropriate technological solutions in a physically and socially diverse urban landscape». In acknowledging this doubt, the critical systematisation work in this volume offers a tool for the scientific and professional community, both as a shared basis for reflection and as a map for navigating the open sea of the complexity of adaptive environmental design.

spazi pubblici che mostrano un invecchiamento a volte precipitoso, richiamando l'attenzione al difficile controllo delle questioni sia tecnologiche sia partecipative. La seconda considerazione richiama alla distinzione tra rappresentazione ideale e esperienza reale di qualsiasi progetto ed alla parzialità della nostra conoscenza «spesso deviata da ciò che vogliamo vedere in ogni progetto, non da ciò che è» riconoscendo speciale valore alla ricerca di criteri condivisi di valutazione. Infine, la terza questione sollevata riguarda ruoli e funzioni per il coordinamento della «complessità di soluzioni tecnologiche appropriate in un paesaggio urbano fisicamente e socialmente diversificato».

Nel riconoscersi in tale dubbio, il lavoro di sistematizzazione critica strutturato in questo volume vuole offrirsi come strumento per la comunità scientifica e professionale, sia come base condivisa di riflessione, sia come mappa per navigare nel mare aperto della complessità del progetto ambientale adattivo.

References

Allen, T. H. F., Bandurski, B. & King, A. (1993), *The ecosystem approach: theory and ecosystem integrity*. Report to the Great Lakes Advisory Board. International Joint Commission, Ottawa, Canada, and Washington, D.C., USA.

Attaianese E. & Rigillo, M. (2020), "Ecological-Thinking and Collaborative Design as Agents of our Evolving Future", *Techne. Journal of Technology for the Architecture and the Environment*, Special Issue vol.2.

Bocchi, G. & Ceruti, M. (1985), *La sfida della complessità*, Feltrinelli ed., Milano.

Ciribini, G. (ed) (1992), *Tecnologia della costruzione*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Corner, J. (1997), "Ecology and Landscape as Agents of Creativity", in Reed, C., Lister, N.M.(eds) (2014), *Projective Ecologies*, ACTAR & Harvard School of Design, pp.40-65

Fuller, R.B. (1969), *Operating Manual for Spaceship Earth*, trad. It. *Manuale operativo per Nave Spaziale Terr*a, ed. Il Saggiatore Torino

Lucarelli, M. T., & Rigillo, M. (2018), "Resilience and technological culture of design: the centrality of method", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, pp. 60-64, https://doi.org/10.13128/Techne-23204

McHarg, I.L. (1969), *Design with Nature*, Doubleday/Natural History Press, New York, NY, USA.

Morin, E. (1993), *Introduzione al pensiero complesso. Gli strumenti per affrontare la sfida della complessità*, Sperling & Kupfer, Milano.

Tagliagambe, S. (2016), "Ragione scientifica e saggezza umana. Il problema della verità nella scienza e nella filosofia", *Divus Thomas*, vol. 119, n. 3 (2016 - settembre/dicembre), pp. 44-91, available at https://www.jstor.org/stable/10.2307/48503843

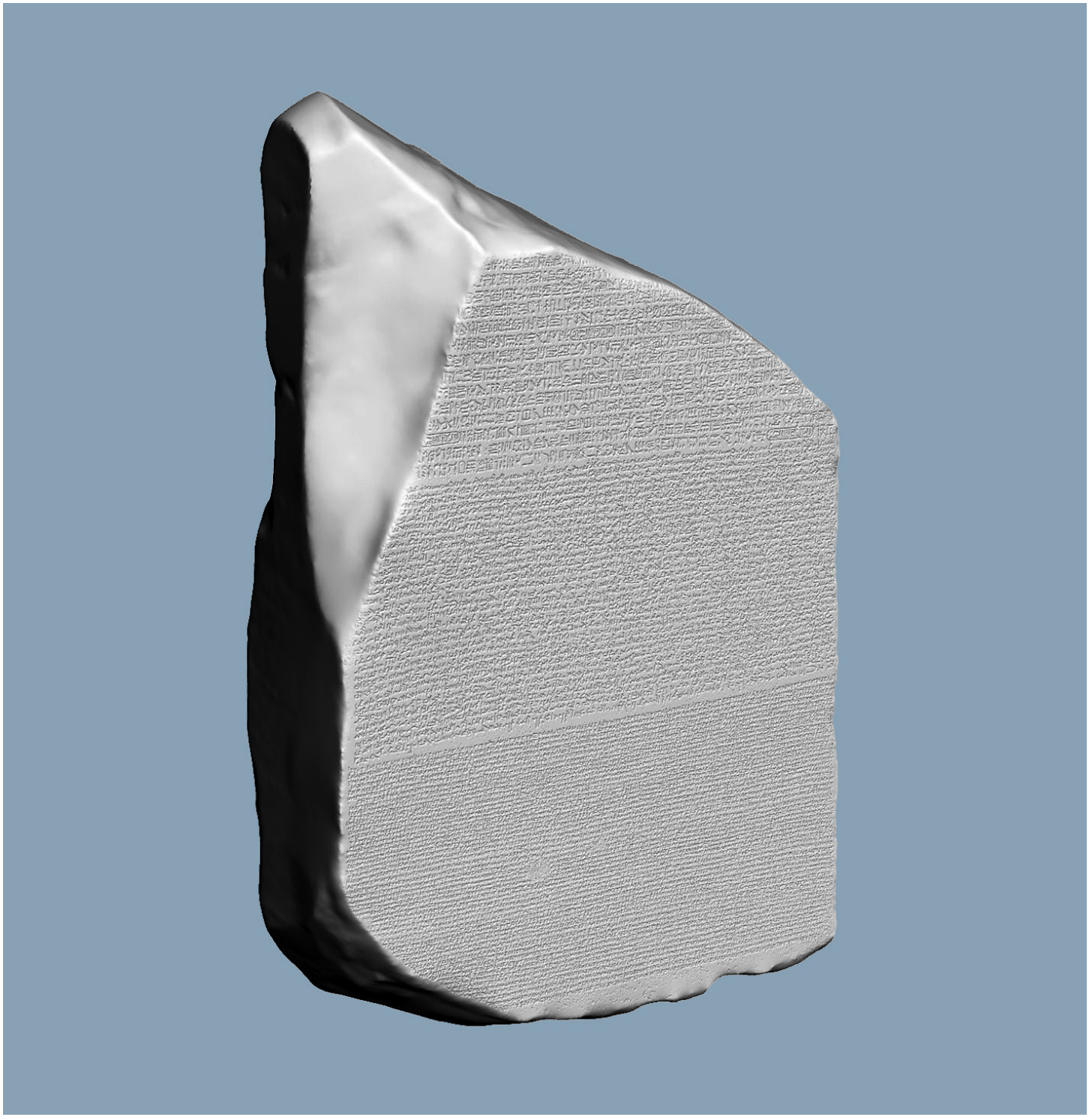
Valente, R. (2009), "Teorie della complessità e didattica nella cultura tecnologica contemporanea", in Zerlenga, O. (ed), *Formazione Innovazione all'Università*, vol. 1, Claudio Grenzi Editore, Foggia, pp. 142-149.

Wallis, J. & Rahmann, H. (2016), *Landscape Architecture and Digital Technologies*, Routledge New York.

Waltner-Toews, D. & Kay, J. (2005), "The evolution of an ecosystem approach: the diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health", *Ecology and Society,* 10(1): 38.

Il contributo è il frutto del lavoro congiunto delle autrici: in particolare, R. Valente ha redatto il primo paragrafo, M. Rigillo il secondo e M.T. Lucarelli il terzo / *The contribution is the result of the joint work of the authors: in particular, R.Valente wrote the first paragraph, M. Rigillo the second and M.T. Lucarelli the third.*

LE PAROLE DELLA RICERCA
THE RESEARCH TERMS
a cura di */editor* Martino Milardi



Stele di Rosetta / *Rosetta Stone* (Source: Author's elaboration).

Costruire un glossario per l'adattamento climatico
Editing a Glossary for Climate Adaptation

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Il paradigma della *firmitas* vitruviana ha fissato nel tempo la percezione condivisa dell'architettura come stigma di persistenza e di radicamento: la ferma e rassicurante solidità del dimorare e stare in un luogo, la materia resistente alle variazioni, un'iconografia di "staticità" che supera anche la sua primaria accezione di sicurezza.

Tuttavia, i mutamenti evolutivi a cui ha ceduto la realtà dell'abitare, a partire dal dopoguerra, impone una revisione di valori e significati dovuta al progressivo riconoscimento della dinamicità dei processi che guidano la formazione dei sistemi urbani, inclusi quelli progettuali.

Dinamicità del fare architettonico, quindi, come qualità che "nasce" per produrre adeguate risposte al sistema complesso costituito da ambiente fisico, antropico e naturale, nonché, alle pressioni da questo derivante.

Tra queste pressioni un ruolo centrale è rappresentato dalla questione del cambiamento climatico. Nel suo estrinsecarsi, questa è passata via via dal "dominio" scientifico (anche terminologico) di alcune discipline come la climatologia, fisica, geografia, scienze naturali, alle altre che investono i cicli metabolici e trasformativi, ovvero quelle che interagiscono con i modelli di produzione e consumo.

Una volta assurta a questione focale nel dibattito scientifico, la questione climatica ha acquisito i termini propri di un comune campo di sperimentazione, da parte delle altre discipline interessate dall'insieme di risvolti ad essa connessi. Il progetto di architettura non poteva sfuggire né alla chiamata in causa, né alla presa in conto di tale questione, visto che il settore è tra quelli imputati quali autori degli inneschi che determinano il concretizzarsi dei fenomeni.

Il paradosso è che l'ambiente costruito è "causa del suo male", poiché "provoca" il cambiamento climatico (vedi GES e global warming) ma allo stesso tempo ne subisce gli effetti. In questo senso, la multiscalarità interessata dai fenomeni impone di affrontare questa sfida, con un approccio attinente al ventaglio della pluri-inter-multi- transdisciplinarità.

Da più ambiti è richiamata la necessità di ricondurre gli specialismi nell'alveo dell'integrazione tra i saperi, considerando questa come strategia principale per affrontare la complessità della questione climatica (Nordhaus, 2013). Gli stessi versanti però, sottolineano come sia importante sfruttare i risultati raggiunti dalle singolarità disciplinari, come ad esempio, processi, metodi, indicatori e, soprattutto, i quadri terminologici, necessari corredi da integrare, nonché fondamentali utensili per la costruzione di metalinguaggi.

In questa luce, l'attraversamento dei campi terminologici sottesi dagli scenari dei limiti dello sviluppo sostenibile, della transizione energetica, fino alla con-

The paradigm of Vitruvian firmitas has fixed over time the shared perception of architecture as a stigma of persistence and rootedness: the firm and reassuring solidity of dwelling and staying in a place, the material resistant to variations, an iconography of "staticity" that goes beyond its primary meaning of security. However, the evolutionary changes to which the reality of living has succumbed, starting after the war, requires a revision of values and meanings due to the progressive recognition of the dynamism of the processes that guide the formation of urban systems, including design. Dynamism in architectural design, therefore, as a quality that "born" to produce adequate responses to the complex system consisting of physical, anthropic and natural environment, as well as the pressures resulting from this. Among these pressures, the issue of climate change plays a central role. In its extrinsic development, this has gradually passed from the scientific (also terminological) "dominion" of some disciplines such as climatology, physics, geography, natural sciences, to the others that invest in metabolic and transformative cycles, i.e. those that interact with production and consumption patterns.

Once it became a focal centre in the scientific debate, the climate issue acquired the terms proper to a common field of experimentation, by the other disciplines involved in the set of implications connected to it.

The architectural project could not escape either the call in question or the taking into account of this question, given that the sector is among those accused as authors of the triggers that determine the materialization of the phenomena. The paradox is that the built environment is "the cause of its harm", since it, "causes" climate change (see GES and global warming) but at the same time suffers the effects.

In this sense, the multiscalarity affected by the phenomena imposes to face this challenge, with an approach relevant to the range of pluri-inter-multi-transdisciplinarity.

The need to bring specialisms back into the knowledge integration process mentioned from several areas, considering this as the main strategy to address the complexity of the climate is-

sue (Nordhaus, 2013). However, the same sides emphasize how important it is to exploit the results achieved by disciplinary singularities, such as, for example, processes, methods, indicators and, above all, terminological frameworks, which are necessary equipment to be integrated, as well as fundamental tools for the construction of metalanguages.

In this light, the crossing of the terminological fields underlying the scenarios of the limits of development, sustainable development, energy transition, up to the proclaimed climate emergency, has determined a lexical-conceptual apparatus that testifies to the above mentioned demand for dynamic response by the implementing sectors. This dynamicity can be represented by the implementation trajectories generated by the terms of mitigation and adaptation. These are now established terms, even if, at the beginning of the debate, the two concepts were not only not considered interconnected, but even "antagonistic". In fact, in the 1990s, the concept of mitigation was seen as the main reference for operational spheres, and it is only since 2001 that the term adaptation is considered complementary to mitigation. On the contrary, with the COP21 in Paris 2015 it acquires greater strength as a key strategy to be used in the fight against climate change. (Nespor, 2018). Referring this to the scale of the built environment, the terminological framework brought by the word adaptation gems further lexicons when interacting with smart-green-resilient-adaptive and, as of today, safe and covid city approaches (UE, 2019). These approaches are joined by the contribution (also terminological) that the digital, parametric and industrial world offers to the project, thus bringing to the surface the need for new glossaries to support the terminological proliferation deriving from these themes. This richness of "words" defines the need to be organized according to the organizing apparatus related to the field of glossaries, dictionaries and lexicographic collections, such as to represent reliable compasses for the different navigation of the research of the project disciplines. This scenario refers to the will to collect the words of the research in a "glossary of climate adaptation", built as a necessary compendium of research entitled "Adaptive design and technological innovations for the resilient regeneration of urban districts under climate change regime".

The definition of "glossary", from the Treccani Dictionary refers to a collection of "antiquated and/or rare" terms that needs explanations, followed by the declaration of the meaning; integrating this with that of the Devoto-Oli Dictionary the collection of words is limited to an environment proper to a specific discipline: the antiquated and rare terms are replaced by the technical aspects that make up the term to be investigated.

The glossary differs from the vocabulary and the dictio-

clamata emergenza climatica, ha determinato un apparato lessico-concettuale che testimonia la richiesta di dinamicità di risposta da parte dei settori realizzativi.

Dinamicità che può essere rappresentata dalle traiettorie attuative generate dalle parole *mitigazione* e *adattamento*.

Sono questi, ormai, termini consolidati, anche se, all'inizio del dibattito i due concetti non solo non erano ritenuti interconnessi, ma addirittura "antagonisti". Infatti, negli anni '90 il concetto di *mitigazione* era visto come principale riferimento per le sfere operative, ed è solo dal 2001 che il termine *adattamento* viene ritenuto complementare alla mitigazione. Anzi, con la COP21 di Parigi 2015 acquisisce maggiore forza come strategia chiave da usare nella lotta al cambiamento climatico (Nespor, 2018).

Riferendo questo alla scala dell'ambiente costruito, il quadro terminologico



Fig. 1 - Torre di Babele di libri a Buenos Aires, 2011 / *Balel books tower in* Buenos Aires, 2011 (Source: https://www.wikiwand.com/es/D%C3%ADa_Internacional_del_Libro).

portato dalla parola adattamento, gemma ulteriori lessici quando interagisce con gli approcci di s*mart-green-resilient-adaptative* e, da oggi, *safe* e *covid city* (EU, 2019).

A tali approcci si unisce l'apporto (anche terminologico) che il mondo digitale, parametrico e industriale offre al progetto, facendo così affiorare l'esigenza di nuovi glossari di utile supporto alla proliferazione terminologica derivante da questi temi.

Questa ricchezza di "parole" definisce la necessità di essere organizzata secondo apparati ordinatori attinenti al campo dei glossari, dizionari e raccolte lessicografiche, tali da rappresentare affidabili bussole per le differenti navigazioni delle ricerche delle discipline del progetto.

A questo scenario si riferisce la volontà di raccogliere *le parole della ricerca* in un "glossario dell'adattamento climatico", costruito come necessario compendio alla ricerca dal titolo "*Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*".

La definizione di "glossario", dal Dizionario Treccani si riferisce ad una raccolta di termini "antiquati e/o rari" che ha bisogno di spiegazioni, seguiti dalla dichiarazione del significato; integrando questa con quella del Dizionario Devoto-Oli la raccolta dei vocaboli viene limitata ad un ambiente proprio di una determinata disciplina: i termini antiquati e rari sono sostituiti dagli aspetti tecnici che compongono il termine da indagare.

Il glossario si distingue dal vocabolario e dal dizionario, pur essendo anch'esso una raccolta di lemmi, poiché cataloga termini propri di un ambito peculiare e limitato a un argomento, generalmente tecnico, con l'obiettivo di descrivere e delimitare i concetti all'interno di un dominio specifico (Soglia, 2002).

Il dominio viene inteso, quindi, come il settore di appartenenza, così che la classificazione sia facilmente applicabile. Nel caso dei *cambiamenti climatici* è utile che essi vengano attribuiti a più codici di materia, come il dominio della climatologia e meteorologia nonché quello della tecnologia dell'architettura.

Dalla rapida evoluzione dei contesti di riferimento, consegue la caratteristica distintiva del glossario cioè la sua dinamicità che deve agevolare il flusso delle informazioni.

Una raccolta di dati terminologici deve avere luogo a partire da una realtà osservata, in una determinata tranche sincronica: un glossario del 1980 non sarà lo stesso anni dopo poichè la sua evoluzione varia a seconda dell'ambito tecnico e scientifico di riferimento (Riediger, 2012).

In genere, la volontà di costruire un glossario nasce dalla necessità di tessere uno strumento interdisciplinare che stratifica i saperi apparentemente indipendenti, riunendoli in un'ideologia coordinata, con lo scopo di costruire una mappatura di termini che ruotano intorno a concetti ed enunciati.

È infatti noto come il rapido sviluppo delle scienze e delle tecnologie, comporti la necessità di creare nuovi termini per denominare le nuove realtà, o termini consolidati da altre discipline, che nel dibattito, entrano a fare parte di nuove sperimentazioni scientifiche (Cabré, 1998).

La parte che segue presenta in sintesi i lavori di definizione terminologica svolti dalle Unità Operative.

Riferendosi al generale scenario dei cambiamenti climatici si indagano i concetti da questo derivanti ad iniziare dal termine "cornice" dell'adattamento, fino

nary, although it is also a collection of headwords, since it catalogues terms belonging to a particular field and limited to a generally technical subject, with the aim of describing and delimiting concepts within a specific dominion. (Soglia, 2002). The dominion is understood, therefore, as the sector to which it belongs, so that the classification is easily applicable. In the case of climate change it is useful that they are attributed to several codes of matter, such as the domain of climatology and meteorology as well as that of architectural technology. From the rapid evolution of the reference contexts, the distinguishing feature of the glossary is its dynamicity, which has to facilitate the flow of information. A collection of terminological data has to take place starting from an observed reality, in a certain synchronous tranche: a glossary of 1980 will not be the same years later; its evolution varies according to the technical and scientific field observed (Riediger, 2012). In general, the desire to build a glossary stems from the need to weave an interdisciplinary tool that stratifies apparently independent knowledge, bringing it together in a coordinated ideology, with the aim of building a mapping of terms that revolve around concepts and statements. It is in fact known how the rapid development of science and technology, involves the need to create new terms to name new realities, or terms consolidated by other disciplines, which in the debate, become part of new scientific experimentation (Cabré, 1998).

The following section summarises the terminological definition work carried out by the Operating Units. Referring to the general climate change scenario, we investigate the concepts deriving from this, starting from the term "frame" of adaptation, up to those that configure the resilient system of responses to the scale of the environmental, urban and building project. In accordance with the assumptions described above, the ultimate goal is to build a contemporary and "readable" glossary with the disciplinary sieve of Technological Design.

The Naples Research Unit Federico II (par. 1.1) investigates the definitions of climate change by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the Framework Convention on Climate Change (UNFCC), explaining what phenomena may arise from "climate change" and how their affect the built environment with economic costs and sometimes loss of human life. It is underlined that intervention strategies, such as "mitigation" and "adaptation", can be considered complementary and of relevant importance for an inter-scaling approach, recognizing their centrality in the definition of a more effective state of dynamic equilibrium than the "state of perfect balance" advocated by sustainability.

From the literal definition of climate change, the Florence Operating Unit (par. 1.2) highlighted how the increase in natu-

ral disasters has been attributed to climate change. The extreme event assumes the characteristic of hazard if conditions exist that transform it into a threat. The risks deriving from climate change are therefore the result of the interaction between climate-related hazards and the geographical, socio-economic, institutional characteristics and the level of information and awareness of the actors involved (Peltonen, Haanpää & Lehtonen, 2005). In the analysis of climate-related hazards, vulnerability plays a central role, in a dual view reported by the RU itself. If in the first paragraph (1.1) adaptation and mitigation strategies are illustrated, in the paragraph (1.2) in the paragraph we focus on response capacity strategies understood as the ability in the long term to design effective adaptation strategies, reacting to the continuous evolution of hazard and stress. The approach is based on the continuous reference of risk and resilience, aggregating hazards against different indexes that will be defined as multi-hazard within the multi-risk vision. With the same key, the visions of "multi-hazard" and "multi-risk" are, discussed in paragraph 1.5, reporting the definitions of the European Community. The emphasis is placed on disaster cyclicality according to the "disaster cycle" model, divided into five phases: mitigation, preparedness, emergency response, recovery and reconstruction. In terms of city adaptation, the complementarity between DRR - Disaster risk reduction and CCA - Climate change adaptation is fundamental. Both have the objective of reducing vulnerability to climate events by strengthening the resilience of society or specific sectors of the urban environment, looking at an all-hazard approach. As the scope for action on climate change and the possible strategies to be implemented has been built up, there are a number of considerations about the importance of climate indices. In this particular case, the RU of NA (par. 1.6), from a climate study, referred to the so-called "climate indices" as essential factors for interpreting and analysing the phenomena that arise from climate change.

In a general perspective, the above mentioned indexes can be assimilated to the "impact indicators" (expressed by the RU of Reggio Calabria 1.7) by acquiring the assumption that describes them as «parameter, or a value derived from parameters, which indicates/supplies information on the state of a phenomenon/field with a meaning that goes beyond what is directly associated with the value of the parameter...», considering the indicators as a tool able to provide the best available knowledge (OECD, 1993).

The varied range of indices has been defined by the RU itself with an explicit reference to "climate change adaptation indicators", which are measurable and aimed at monitoring and evaluation. In particular, it is intended to detect the triggering dynamics of the phenomena and consequent adaptation respon-

a quelli che configurano il sistema resiliente di risposte alla scala del progetto ambientale, urbano ed edilizio. In conformità agli assunti sopra descritti, il fine ultimo è costruire un glossario contemporaneo e "leggibile" con il setaccio disciplinare della Progettazione Tecnologica.

L'Unità di Ricerca di Napoli Federico II (par. 1.1) indaga le definizioni di *cambiamento climatico* dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e dalla Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (UNFCC), esplicitando quali possono essere i fenomeni che scaturiscono dal "cambiamento del clima" e le modalità di come questi incidono sull'ambiente costruito con costi economici e talvolta perdita di vita umane.

Si sottolinea come le strategie di intervento, quali "mitigazione" e "adattamento", possono essere considerate come complementari e di rilevante importanza per un approccio inter-scalare, riconoscendo la loro centralità nella definizione di uno stato di equilibrio dinamico più efficace rispetto allo *"*stato di perfetto equilibrio*"* auspicato dalla sostenibilità.

Dalla definizione letterale dei cambiamenti climatici, l'Unità Operativa di Firenze (par. 1.2) ha portato in luce, come l'incremento delle catastrofi naturali sia stato attribuito ai cambiamenti climatici.

L'evento estremo assume la caratteristica di *hazard* se esistono condizioni tali da trasformarlo in minaccia. I rischi derivanti dai cambiamenti climatici sono dunque il risultato dell'interazione tra i *climate-related hazards* e le caratteristiche geografiche, socioeconomiche, istituzionali e il livello di informazione e consapevolezza degli attori coinvolti (Peltonen, Haanpää & Lehtonen, 2005).

Nell'analisi del *climate-related hazards*, presenta un ruolo centrale la vulnerabilità, in una visione duale riportata dalla stessa UR. Se nel primo paragrafo (1.1) si illustrano le strategie di adattamento e mitigazione, nel paragrafo (1.2) ci si focalizza sulle strategie del *response capacity* intese come l'abilità nel lungo termine di progettare strategie di adattamento efficaci, reagendo alla continua evoluzione di hazard e stress.

L'approccio si basa sul riferimento continuo del rischio e della resilienza, aggregando gli *hazard* rispetto diversi indici che verranno definiti come multi-hazard all'interno della visione *multi-risk*.

Con la stessa chiave, le visioni di *multi-hazard* e *multi-risk* vengono, dibattuti nel paragrafo 1.5 riportando le definizioni dell'European Community. L'accento viene posto sulla ciclicità delle catastrofi secondo il modello '*disaster cycle*', distinto in cinque fasi: mitigazione, preparazione, risposta emergenziale, recupero e ricostruzione.

In tema di adattamento delle città, risulta fondamentale la complementarietà tra DRR - *Disaster risk reduction* e CCA - *Climate change adaptation.* Entrambi si pongono l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità agli eventi climatici rafforzando la resilienza della società o di specifici settori dell'ambito urbano, guardando ad un approccio *all-hazard*.

Costruito il campo d'azione rispetto ai cambiamenti climatici e alle possibili strategie da attuare, ne conseguono diverse considerazioni circa l'importanza degli indici climatici.

Nella fattispecie, l'UR dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli (par. 1.6), da uno studio del clima, si è riferita ai cosiddetti "indici climatici" come fattori essenziali per interpretare ed analizzare i fenomeni che scaturiscono

dai cambiamenti climatici.

In una prospettiva generale, i suddetti indici possono essere assimilati agli "indicatori d'impatto" (espressi dall'UR di Reggio Calabria 1.7) acquisendo l'assunto che li descrive come «parametro, o un valore derivato da parametri, che indica/fornisce, informazioni sullo stato di un fenomeno/ambito con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro…», considerando gli indicatori al pari di uno strumento in grado di fornire la miglior conoscenza disponibile (OECD, 1993).

Il variegato ventaglio degli indici è stato definito dalla stessa UR con un'esplicitazione rispetto agli "indicatori di adattamento ai cambiamenti climatici", misurabili e finalizzati al monitoraggio ed alla valutazione.

In particolare, si intende rilevare dinamiche di innesco dei fenomeni e conseguenti risposte di adattamento, privilegiando la lettura delle relazioni Edificio-Contesto, avendo considerato queste come flusso determinate dei fenomeni di cambiamento climatico nei distretti urbani.

Il riconoscimento della vulnerabilità come fattore di principale interesse all'interno dell'analisi climate-related hazard, oltre che dall'UR di Firenze, è stato trattato dall'UR di Napoli (par. 1.8) che ha indagato su come questa caratteristica sia fortemente correlata nella ricerca sui cambiamenti climatici e nelle discipline che si occupano di valutazione e gestione del rischio.

La necessità di conciliare metodi e strategie operative riferite agli ambiti *Disaster Risk Management* (DRM), *Disaster Risk Reduction* (DRR) e *Climate Change Adaptation* (CCA) è emersa come priorità nelle agende globali (Hyogo Framework for Action 2005-2015; Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030). Da questa necessità scaturisce la posizione dell'UR di Napoli che intende integrare le due strategie (DRR e CCA), in modo da ricalibrarne il paradigma.

Da una valutazione del rischio focalizzata sui singoli *hazard* a un approccio sistemico che aumenta la resilienza delle diverse componenti che caratterizzano i sistemi urbani.

Le strategie di risposta hanno visto l'enunciazione delle cosiddette r*esponse capacity*, in alcuni paragrafi (par. 1.2), così come l'UR di Napoli (par. 1.9) ha affrontato gli aspetti dell'*adaptive capacity* e gestione del rischio come elementi di valutazione che coinvolgono la società e gli ecosistemi nel loro insieme, consentendo di identificare gli aspetti trasversali della vulnerabilità.

La capacità adattiva ("*adaptive capacity*") è riferita alla «capacità di sistemi, istituzioni, esseri umani e altri organismi di adattarsi ai potenziali danni, di sfruttare le opportunità o di rispondere alle conseguenze» (IPCC, 2014).

Assumendo la capacità di adattamento come funzione inversa della vulnerabilità, gli indicatori di riferimento restano quelli utilizzati per la valutazione della vulnerabilità e sono riferiti alle informazioni sulle politiche e procedure di gestione messe in campo, nonché sulla loro capacità di interconnettere gli aspetti ecologici, di sicurezza e partecipativi che supportano la resilienza ai rischi naturali e ai cambiamenti climatici.

Il concetto di mitigazione (par. 1.1, UR di Napoli) viene ripreso dall'UR di Reggio Calabria (par. 1.10); e associato ai cambiamenti climatici, come «insieme di interventi per ridurre le fonti di gas serra e/o aumentarne l'assorbimento, per diminuirne le concentrazioni in atmosfera».

ses, favouring the reading of the Building-Context relations, having considered these as determined flows of climate change phenomena in urban districts. The recognition of vulnerability as a major factor of interest in climate-related hazard analysis has been dealt by the OU of Florence, as well as by the OU of Naples (par. 1.8) which investigated how this characteristic is strongly correlated in climate change research and in the disciplines dealing with risk assessment and management.

The need to reconcile operational methods and strategies in the areas of Disaster Risk Management (DRM), Disaster Risk Reduction (DRR) and Climate Change Adaptation (CCA) emerged as a priority in global agendas. (Hyogo Framework for Action 2005-2015; Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030). From this need arises the position of the Naples OU that intends to integrate the two strategies (DRR and CCA), to recalibrate the paradigm. From a risk assessment focused on individual hazards to a systemic approach that increases the resilience of the different components that characterize urban systems.

The response strategies have seen the statement of the so-called response capacity, in some paragraphs (par. 1.2), as well as the RU of Naples (par. 1.9) addressed aspects of adaptive capacity and risk management as elements of assessment involving society and ecosystems as a whole, enabling the identification of transversal aspects of vulnerability. The adaptive capacity refers to the «ability of systems, institutions, human beings and other bodies to adapt to potential damage, to exploit opportunities or to respond to consequences». (IPCC, 2014).

Assuming adaptive capacity as the inverse function of vulnerability, the reference indicators remain those used for vulnerability assessment and refer to information on management policies and procedures put in place, as well as their ability to interconnect ecological, security and participatory aspects that support resilience to natural hazards and climate change.

The concept of mitigation (par. 1.1, Naples RU), taken by the Reggio Calabria RU (par. 1.10) and associated with climate change, as a «set of actions to reduce sources of greenhouse gases and/or increase their uptake, in order to reduce their concentrations in the atmosphere». The mitigation of the effects induced by climate change and the consequent adaptation, i.e. the ability of a "system" to respond to these effects, define its overall resilience.

The term resilience, which is transversal and configured in various phases, is clearly explained by the RU of Florence (par. 1.11); here the term is analysed in the different declensions that, in terms of climate change and adaptation, are provided by other disciplinary areas.

Beyond the definitions developed in the different areas, we

recognize some "invariants" that characterize the placement of resilience in a new epistemology of complexity: it is systemic, inter-scalar and interdisciplinary; it refers to processes of multifactorial interaction between phenomena and systems; it develops models able to prefigure alternative scenarios of knowledge and action through which to evaluate transformations. (Lucarelli & Rigillo, 2018).

In its path of investigation and construction of solutions, the research has crossed various disciplinary territories with the methodological tools pertinent to the Technology of Architecture for which, if on the one hand it has internalized the lexical apparatus of other areas, on the other hand, it has produced its own defining them according to recognizable disciplinary angles.

"Words" that constitute a glossary of climate adaptation oriented to the easy transfer to project practices related to research topics. This, in the knowledge that the limits of exhaustiveness are balanced by methodological completeness, such as to allow a real applicability of the adaptive matrices required today by building interventions in climate change regime.

La mitigazione degli effetti indotti dal *climate change* ed il conseguente adattamento, cioè la capacità di un "sistema" di rispondere a tali effetti definiscono la resilienza complessiva dello stesso.

Il termine resilienza, trasversale e configurato a varie fasi, viene esplicitato a chiare note dall'UR di Firenze (par. 1.11); qui il termine è analizzato nelle diverse declinazioni che, in chiave di climate change e adattamento, vengono fornite da altri ambiti disciplinari.

Al di là delle definizioni sviluppate nei diversi ambiti si riconoscono alcune "invarianti" che caratterizzano la collocazione della resilienza in una nuova epistemologia della complessità: è sistemica, inter-scalare e interdisciplinare; è riferita a processi di interazione multifattoriale tra fenomeni e sistemi; sviluppa modelli in grado di prefigurare scenari alternativi di conoscenza e azione attraverso cui valutare le trasformazioni (Lucarelli & Rigillo, 2018).

Nel suo percorso di indagine e costruzione delle soluzioni, la ricerca ha attraversato vari territori disciplinari con gli strumenti metodologici pertinenti alla Tecnologia dell'Architettura per cui, se da un lato ha interiorizzato gli apparati lessicali di altri ambiti, dall'altro ne ha prodotti di propri definendoli secondo riconoscibili angolazioni disciplinari.

"Parole" che costituiscono un glossario dell'adattamento climatico orientato all'agevole trasferimento alle prassi progettuali inerenti i temi della ricerca. Questo, nella consapevolezza che i limiti di esaustività siano compensati da completezza metodologica, tale da consentire una reale applicabilità delle matrici adattive oggi richieste dagli interventi edilizi in regime di cambiamento climatico.

References

Cabré M.T. (1998), *La terminologie*, Colin- Presses Universitaires d'Ottawa, Paris-Ottawa.

European Union (2019) *The European Green Deal. Communication from the Commission. COM (2019) 640 Final*, Brussels, 11.12.2019.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Lucarelli M. T. & Rigillo M. (2018), "Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment* , n. 15 *Resilienza architettonica*, pp. 60-64.

Nespor S. (2018), "Scienza in rete del 25/03/2018", available at: https://www.scienzainrete.it/articolo/breve-storia-delladattamento/stefano-nespor/2018-03-25 (accessed 11 March 2020).

Nordhaus W.D. (2013), *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press, New Haven & London, UK and USA.

OECD (1993), *Core set of indicators for environmental performance reviews*, Olis, Paris.

Peltonen L., Haanpää S. & Lehtonen S. (2005), *The challenge of climate change adaptation in urban planning,* FINADAPT Working Paper 13, Helsinki: Finnish Environment Institute Mimeographs 343.

Riediger H. (2012), *Cos'è la Terminologia e Come si fa un Glossario*, available at: http://www.term-minator.it/corso/doc/mod3_termino_glossa.pdf. (accessed 21 April 2020)

Soglia S. (2002) "Origine e Sviluppo delle Tendenze della Terminologia Moderna", in Magris M., Musacchio M.T., Rega L. & Scarpa F. (eds), *Manuale della terminologia*, Milano, Hoepli, pp. 9-25.

UNISDR (2007b), *Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction (A/CONF.206/6*), UNISDR, Geneva.

UNISDR (2015), *Coherence and mutual reinforcement between the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 and international agreements for development and climate action*, available at: www.unisdr.org/we/inform/publications/45001.

Cambiamento climatico
Climate Change

Paola Mercogliano, *Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici*

Il cambiamento climatico

Il clima è un sistema complesso e dinamico, con diverse componenti che interagiscono fra loro: atmosfera, oceano, superficie terrestre, neve, ghiacci e biosfera. La variabilità del clima è prodotta sia da cause naturali sia da fattori natura antropogenica. Infatti, proprio le attività umane stanno alterando la composizione dell'atmosfera, una delle principali componenti del sistema climatico, con conseguente variazione del clima. In particolare, le attività umane quali quelle che necessitano della combustione di carburanti fossili (carbone, petrolio e gas naturale), ma anche l'agricoltura e la deforestazione, sono le principali colpevoli del rilascio in atmosfera di grandi quantità di gas a effetto serra (anidride carbonica CO_2, protossido di azoto N_2O, metano CH_4 e ozono O_3), e del conseguente aumento della temperatura globale osservato oramai da diversi anni sull'intero pianeta. Questo riscaldamento ha già prodotto e continua a produrre forti impatti sul pianeta. In particolare, si osserva un aumento di eventi metereologici e climatici estremi (siccità, piogge intense, ondate di calore), che hanno un importante effetto sulla vita degli uomini e sugli ecosistemi naturali.

La comunità internazionale si è mobilitata per ridurre e prevenire le emissioni di gas climalteranti nell'atmosfera con azioni globali quali il Protocollo di Kyoto (1997) o l'Accordo di Parigi (2015). In parallelo l'avvenuto aumento di circa 1°C di temperatura media globale rispetto all'età preindustriale richiede la messa in essere di azioni di adattamento, ovvero iniziative locali per migliorare la risposta dei sistemi naturali e umani rispetto alle attuali e future condizioni climatiche al fine di ridurre i danni.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici istituito nel 1988 dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) e dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), ha fornito una esaustiva definizione della voce "Cambiamento Climatico" all'interno del Glossario allegato al Quinto Rapporto AR/5 promulgato nel 2014. L'IPCC definisce il Cambiamento climatico come "un cambiamento dello stato del clima che può essere identificato (ad esempio, utilizzando test statistici) da cambiamenti nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà e che persiste per un periodo prolungato, tipicamente di decenni o più. I cambiamenti climatici possono essere dovuti a processi naturali, come ad esempio modulazioni dei cicli solari, eruzioni vulcaniche, ma anche a cambiamenti dovuti ad attività umane persistenti che hanno l'effetto di modificare la composizione dell'atmosfera o l'uso del suolo. Si noti che la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (UNFCCC), all'articolo 1, definisce i cambiamenti climatici come

Climate change

The climate is a complex and dynamic system, with different components that interact with each other: atmosphere, ocean, earth surface, snow and ice, biosphere. Climate variability is produced by natural forcing but also by external forcing such as anthropogenic causes. In fact, human activities are altering the composition of the atmosphere, one of the main components of the climate system, with a consequent change in climate. In particular, human activities requiring the combustion of fossil fuels (coal, oil and natural gas), but also agriculture and deforestation, are the main causes of the release into the atmosphere of large quantities of greenhouse gases (CO_2 carbon dioxide, nitrous oxide N_2O, methane CH_4 and ozone O_3), and the resulting increase in the global temperature observed for several years on the entire planet. This warming has already produced and continues to produce strong impacts on the planet. In particular, there is an increase in extreme weather and climatic events (drought, heavy rain, heat waves), which have an important effect on human life and on natural ecosystems.

The international community has mobilized to reduce and prevent greenhouse gas emissions into the atmosphere through global actions such as the Kyoto Protocol (1997) or the Paris Agreement (2015). At the same time, the global average temperature increase of about 1 ° C compared to the pre-industrial age requires the implementation of adaptation actions, or local initiatives to improve the response of natural and human systems with respect to current and future climatic conditions in order to reduce damage.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the main international organization for assessing climate change, established in 1988 by the United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organisation (WMO), provided a comprehensive definition of the concept "Climate Change" within the Glossary attached to the Fifth AR/5 Report promulgated in 2014. The IPCC defines climate change as "a change in the state of the climate that can be identified (for example, using statistical tests) by changes in the

average and/or variability of its properties and that persists for a prolonged period, typically decades or more. Climate change may be due to internal natural processes or external forces such as solar cycle modulations, volcanic eruptions and persistent anthropogenic changes in the composition of the atmosphere or in land use. It should be noted that the Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in Article 1 defines climate change as follows: «climate change directly or indirectly attributed to human activity which alters the composition of the global atmosphere and which adds to the natural climatic variability observed in comparable periods of time». The UNFCCC therefore distinguishes between climate change attributable to human activities that alter the atmospheric composition and climate variability attributable to natural causes".

The scientific community that studies climate change agrees in recognizing human activities as «the predominant cause of warming observed since the mid-20th century» (Qin et al. 2014). Scientists agree with this, and only a small minority of researchers, most of whom do not specialise in climate issues, deny the role of human activities in global warming. The scientific consensus on the anthropogenic origins of global warming that we are experiencing is mentioned in the IPCC's Fifth Assessment Report on Climate Change, and has been the subject of research and publications with the aim of quantifying the level of consensus in the international scientific community through an analysis of the scientific literature available on the subject.

Scientific evidence and causes of global warming

The increasing availability of weather observations (e.g. thermometers, rain meters, barometers) and remote sensing techniques (e.g. satellites) allowed to investigate the changes in the climate system from the mid-nineteenth century to today. Collected data highlighted ongoing variations in the atmosphere, in the cryosphere, in the oceans and in the Earth's surface with a very different coverage depending on the analyzed variable and geographical area. At global level, the most reliable data collection and analysis is currently carried out by the IPCC with the aim of properly documenting the current state of knowledge on climate change and its potential environmental and socio-economic impact. The main evidence of recent climate change is summarised in the AR/5 ratio; an evaluation of the underlying evidence (limited, medium or robust) and an agreement (low, medium or high) supporting an assignment of confidence, including the estimated probability of a result.

According to the IPCC, the global average temperature - obtained by combining surface area of the land surface and surface area of the oceans - shows an upward trend in the period 1880-2012 with a consequent warming of 0,85 C [0,65-1,06 C];

segue: «un cambiamento climatico attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si aggiunge alla naturale variabilità climatica osservata in periodi di tempo comparabili». L'UNFCCC opera quindi una distinzione tra i cambiamenti climatici attribuibili alle attività umane che alterano la composizione atmosferica e la variabilità climatica attribuibile a cause naturali.

La comunità scientifica che studia il cambiamento climatico è concorde nel riconoscere le attività umane come «la causa predominante del riscaldamento osservato a partire dalla metà del Ventesimo secolo» (Qin et al. 2014). Su queste affermazioni gli scienziati sono d'accordo, e solo una sparuta minoranza di ricercatori, per lo più non specializzati in questioni climatiche, nega il ruolo delle attività umane nel riscaldamento globale. Il consenso scientifico sulle origini antropiche del riscaldamento globale che stiamo vivendo è menzionato nel Quinto rapporto di valutazione sui Cambiamenti Climatici dell'IPCC, ed è stato oggetto di ricerche e pubblicazioni nate con l'obiettivo di quantificare il livello di consenso nella comunità scientifica internazionale attraverso un'analisi della letteratura scientifica disponibile sull'argomento.

Evidenze scientifiche e cause del riscaldamento globale

La crescente disponibilità di osservazioni fornite da strumenti meteorologici (es. termometri, pluviometri, barometri) e tecniche di telerilevamento (es. satelliti) ha permesso di indagare i cambiamenti avvenuti nel sistema climatico dalla metà dell'Ottocento ad oggi. I dati raccolti hanno messo in luce variazioni in corso nell'atmosfera, nella criosfera, negli oceani e nella superficie terrestre con una copertura molto diversa a seconda della variabile analizzata e dell'area geografica. A livello globale, la raccolta e l'analisi dei dati più affidabile è attualmente



Fig. 1 - Nel 2015 l'IPCC ha stimato, sui dati del 2010, che il 25 per cento dei gas ad effetto serra prodotti dalle attività umane deriva dalla produzione di elettricità e calore, dalla combustione di carbone, gas naturali o petrolio / *In 2015, IPCC estimated, based on 2010 data, that 25 percent of the greenhouse gases produced by human activities derive from the production of electricity and heat, from the combustion of coal, natural gas or oil* (Source: Getty Images).

effettuata dall'IPCC con l'obiettivo di documentare adeguatamente lo stato attuale delle conoscenze sui cambiamenti climatici e il loro potenziale impatto ambientale e socioeconomico. Le principali evidenze relative ai recenti cambiamenti climatici sono riassunte nel rapporto IPCC AR/5; per ognuna di essa viene fornita una valutazione delle prove sottostanti (limitate, medie o robuste) e un accordo (basso, medio o alto) che supporta un'assegnazione di confidenza, compresa la probabilità valutata di un risultato.

Secondo l'IPCC, la temperatura media globale - ottenuta combinando superficie delle terre emerse e superficie degli oceani - mostra una tendenza all'aumento nel periodo 1880-2012 con un conseguente riscaldamento di 0,85°C [0,65-1,06 °C][1]; dal 1850, gli ultimi tre decenni sono stati successivamente più caldi di qualsiasi decennio precedente (confidenza media). Circa il 90% dell'aumento di energia del sistema climatico tra il 1971 e il 2010 è stato immagazzinato negli oceani (1% in atmosfera) con un riscaldamento di 0,11°C [0,09-0,13°C]. L'innalzamento globale del livello del mare è stimato a circa 0.19 m [0.17-0.21 m] con un tasso di crescita, a partire dalla metà del XIX, che è molto più elevato di quello valutato nei 2000 anni precedenti (confidenza alta).

Per quanto riguarda le precipitazioni, è atteso un aumento sulle aree di media latitudine dell'emisfero settentrionale (confidenza media prima e confidenza elevata dopo il 1951), mentre, ad altre latitudini, le tendenze negative sono caratterizzate da una minore confidenza.

Nel periodo 1992-2011, la massa dello strato di ghiaccio in Groenlandia e nell'Artico è diminuita (alta confidenza), sono state rilevate riduzioni dei ghiacciai in tutto il mondo (alta fiducia) e la neve primaverile è diminuita (alta confidenza). Per quanto riguarda l'Artico, si è osservato che l'estensione del ghiaccio marino si è ridotta nel periodo 1979-2012 (3,5-4,1% per decennio), mentre in Antartide si stima un suo aumento (1,2-1,8% per decennio) per il periodo 1979-2012.

L'impatto di tali cambiamenti varia ovviamente per le diverse aree del globo terrestre. Le alterazioni dei sistemi idrologici, con effetti sulla qualità e la quantità delle risorse idriche, sono riconosciute con una confidenza media. Si presume che diversi impatti sui sistemi umani siano attribuibili ai cambiamenti climatici; in generale, gli effetti negativi superano gli effetti positivi sulle rese delle colture (alta confidenza). Infine, i cambiamenti climatici potrebbero influenzare in modo significativo la comparsa e la gravità degli eventi meteorologici estremi e degli impatti associati. Su scala globale, si stima che le giornate fredde diminuiscano con un aumento per le giornate calde (molto probabile); e le ondate di calore sono cresciute in molte aree (ad esempio, Europa e Australia). In questa prospettiva, l'aumento della mortalità umana dovuta al calore e la contemporanea riduzione delle morti dovute al freddo sono associati ai cambiamenti climatici con una confidenza media. Si registra (probabile) l'estensione delle aree in cui vi è un aumento statisticamente significativo delle forti precipitazioni rispetto a quelle in cui si osserva una tendenza opposta. Di conseguenza, si presume che il rischio di inondazione sia in aumento in diverse aree (confidenza media).

Gli eventi estremi sul livello del mare sono in aumento dal 1970 (probabile).

Since 1850, the last three decades have subsequently been warmer than any previous decade (medium confidence). About 90% of the climate system's energy increase between 1971 and 2010 was stored in the oceans (1% in the atmosphere) with a heating of 0.11 C [0.09-0.13 C]. Global sea level rise is estimated at about 0.19 m [0.17-0.21 m] with a rate starting from the middle of the 19th century which is much higher than that estimated in the previous 2000 years (high confidence).[1]

With regard to rainfall, an increase is expected in the mid-latitude areas of the northern hemisphere (first medium confidence and high confidence after 1951), while, at other latitudes, negative trends are characterized by lower confidence.

In the period 1992-2011, the mass of the ice sheet in Greenland and the Arctic decreased (high confidence), glacier reductions were observed worldwide (high confidence) and spring snow decreased (high confidence). With regard to the Arctic, it has been observed that the extent of sea ice decreased in 1979-2012 (3.5-4.1% per decade), while in Antarctica an increase is estimated (1.2-1.8% per decade) for the period 1979-2012.

The impact of these changes obviously varies worldwide. Alterations in hydrological systems affecting the quality and quantity of water resources are recognized with medium confidence. Several impacts on human systems are assumed to be attributable to climate change; in general, the negative effects outweigh the positive effects on crop yields (high confidence). Finally, climate change could significantly affect the occurrence and severity of extreme weather events and associated impacts. On a global scale, it is estimated that cold days decrease with an increase for hot days (very likely); and heat waves have grown in many areas (for example, Europe and Australia). In this perspective, the increase in human mortality due to heat and the simultaneous reduction of deaths due to cold are associated with climate change with an average confidence. There is (likely) an extension of the area where there is a statistically significant increase in heavy rainfall compared to those where there is an opposite trend. Consequently, the risk of flooding is assumed to be increasing in several areas (medium confidence).

Extreme events at sea level have been increasing since 1970 (likely). In order to identify the main causes of such variations, external or internal processes (to the Earth system) recognized mainly as altering the energy conditions on the surface could be appropriately identified (net radiation or energy available on the Earth's surface). The external forcing concerns the

1 Tra parentesi quadre è riportato l'intervallo con il 90% di probabilità di includere il valore

1 In square brackets is shown the range with a 90% probability of including the value

magnitude and distribution of solar radiation incident on the outermost atmospheric layer (e.g., variations in direct solar radiation input or orbital variations). The internal forcing is linked to the atmospheric composition and its effects on the Earth's energy balance and on the characteristics of the Earth's surface. They can be classified in the most appropriate way as natural or anthropogenic. Among the first, it is worth noting the volcanic activity that causes variations in the composition of the atmosphere due to the emission of particulates and gases with a main cooling effect of the troposphere. The magnitude of the cooling results is a function of several factors (volcano position, explosive power, sulphur content). As regards anthropogenic factors, gas emissions (largely determined by economic factors and population growth) play a crucial role. Among others, carbon dioxide, methane and nitrous oxide can be as greenhouse gases that absorb the outgoing long-wave radiation that radiates back to the Earth, resulting in a warming of the surface temperature. Current atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide are at their highest for the last 800,000 years. Similarly, human-induced anthropogenic variations in land use and land cover, including deforestation processes, have altered the albedo and storage capacity of CO2 that can induce changes in the climate system.

Numerical models for the study of climate change

The ability to understand how the Earth system will react to future variations in concentrations of climaltering gases in the atmosphere is entrusted to mathematical models that simulate the main physical processes of the Earth system. The representation of climate and its dynamics is tested by comparing the simulations of the past climate with the observations currently available. A climate model is a set of mathematical equations representative of the physical laws that describe the evolution of the climate system. Their complexity varies with the level of detail and accuracy you want to achieve.

Specifically, the climate projections of the future lie in the use of three categories of models. General Circulation Models (GCM), which simulate the climate of the entire globe by describing continental or regional scale processes; they are characterized by a low spatial resolution. The Regional Climate Models (RCMs) that are "nested" in the global ones and have the task of describing the processes characterized by greater resolution, both from the temporal and spatial point of view; but they only simulate small areas of the globe. And finally, the very high resolution models, currently being defined by the scientific community, whose purpose is to characterize areas with very special atmospheric dynamics (for example the gradient between cities and rural areas) or areas with a very complex

Per identificare le principali cause di tali variazioni, si potrebbero opportunamente identificare i processi riconosciuti principalmente come alteranti le condizioni energetiche in superficie (radiazione netta o energia disponibile sulla superficie della Terra). Alcuni processi (forzanti esterne al sistema Terra) riguardano l'entità e la distribuzione della radiazione solare incidente sullo strato atmosferico più esterno (ad esempio, variazioni della radiazione solare diretta in ingresso o variazioni orbitali). Altri processi (forzante interne al sistema Terra) sono legati alla composizione atmosferica e ai suoi effetti sul bilancio energetico terrestre e alle caratteristiche della superficie terrestre. Questi ultimi possono avere origine naturale o antropogenica. Tra i primi, vale la pena notare l'attività vulcanica che provoca variazioni nella composizione dell'atmosfera dovute all'emissione di particolato e gas con un effetto principale di raffreddamento della troposfera. L'entità dei risultati del raffreddamento è funzione di diversi fattori (posizione del vulcano, potenza esplosiva, contenuto di zolfo). Per quanto riguarda i fattori antropogenici, le emissioni di gas (determinate in gran parte da fattori economici e dalla crescita della popolazione) svolgono un ruolo cruciale. Di origine sia naturale, fino ad una certa misura, sia antropogenica sono da considerarsi l'anidride carbonica, il metano e il protossido di azoto che agiscono come gas serra assorbendo le radiazioni a onde lunghe in uscita che si irradiano quindi nuovamente verso la Terra comportando un riscaldamento della temperatura superficiale. Le attuali concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono ai massimi degli ultimi 800.000 anni. Allo stesso modo sono di origine antropogenica le variazioni indotte dall'uomo nella destinazione d'uso e nella copertura del suolo, compresi i processi di deforestazione, che hanno modificato l'albedo e la capacità di stoccaggio di CO_2 e che, quindi, possono indurre cambiamenti nel sistema climatico.

Modelli numerici per lo studio del cambiamento climatico

La possibilità di comprendere come il sistema Terra reagirà alle variazioni future di concentrazioni di gas climalteranti in atmosfera è affidata ai modelli matematici che simulano i principali processi fisici del sistema Terra. La rappresentazione del clima e delle sue dinamiche viene provata confrontando le simulazioni del clima passato con le osservazioni attualmente disponibili. Un modello climatico è un insieme di equazioni matematiche rappresentative delle leggi fisiche che descrivono l'evoluzione del sistema climatico. La loro complessità varia al variare del livello di dettaglio e di accuratezza che si vuole raggiungere.

Nello specifico, le proiezioni del clima del futuro risiedono nell'utilizzo di tre categorie di modelli. I Modelli Generali della Circolazione (GCM), che simulano il clima dell'intero globo terrestre descrivendo i processi a scala continentale o regionale; essi sono caratterizzati da una bassa risoluzione spaziale. I Modelli Climatici Regionali (RCM) che vengono "innestati" in quelli globali e hanno il compito di descrivere i processi caratterizzati da risoluzione maggiore, sia dal punto di vista temporale che spaziale; essi però simulano solo piccole aree del globo terrestre. Ed infine, i modelli ad altissima risoluzione, attualmente in fase di definizione da parte della comunità scientifica, il cui scopo è quello di caratterizzare aree con dinamiche atmosferiche molto particolari (ad esempio il gradiente tra città e aree rurali) o zone con orografia molto complessa (ad esempio le Alpi). Molto spesso i fenomeni caratterizzati da una elevata risoluzione nello spazio e

nel tempo sono quelli che determinano i maggiori impatti al suolo, ma sono anche quelli che richiedono maggiore onere computazionale.
Di seguito sono descritte le principali caratteristiche e finalità di questi modelli.
I Modelli Generali della Circolazione (GCM) sono modelli matematici utilizzati per rappresentare la circolazione generale dell'atmosfera e dell'oceano, tenendo conto dei termini termodinamici per le varie fonti energetiche, nonché delle leggi per la conservazione della massa e della quantità di moto. Le equazioni di governo sono risolte utilizzando reti computazionali, con risoluzioni spaziali generalmente tra i 50 e 100 km.

I GCM sono molto importanti per studiare il clima attuale e ottenere proiezioni

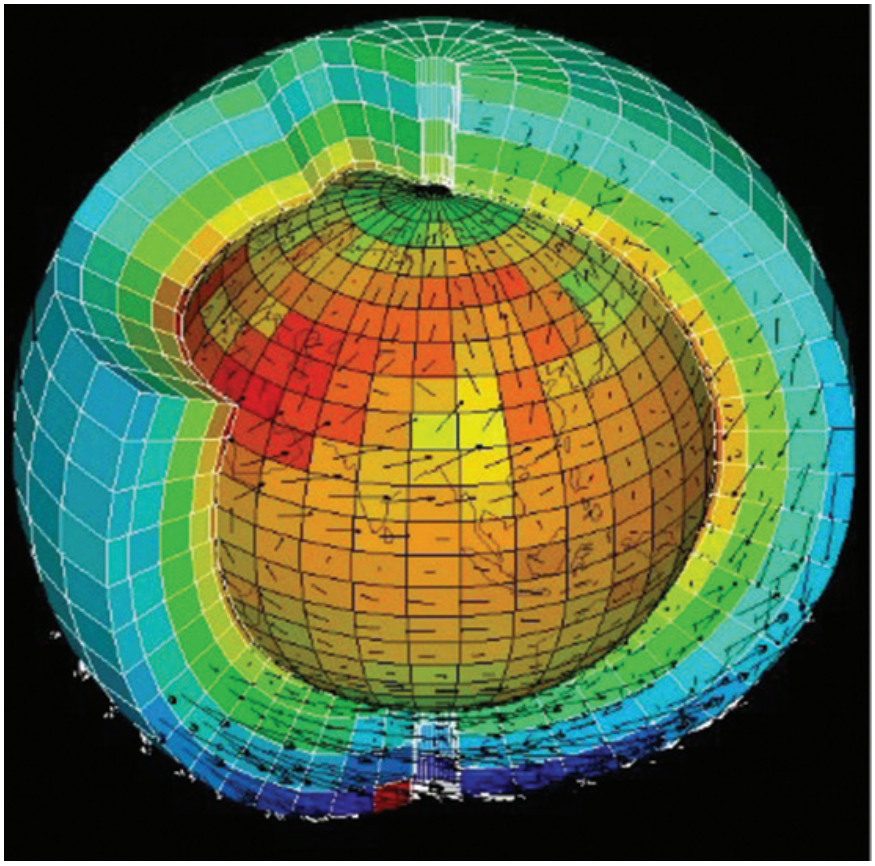


Fig. 2 - I modelli climatici globali (GCM) dividono il globo terrestre in una griglia tridimensionale di celle caratterizzate da una specifica posizione geografica e altitudine. Le dinamiche di ogni componente del sistema Terra (atmosfera, superficie terrestre, oceano e ghiaccio marino) sono descritte attraverso delle equazioni calcolate sulla griglia globale per un insieme di variabili climatiche (come temperatura, umidità delle precipitazioni, vento) / *Global climate models (GCM) divide the globe into a three-dimensional grid of cells characterized by a specific geographic location and altitude. The dynamic of each component of the Earth system (atmosphere, land surface, ocean and sea ice) is described through equations measured on the global grid for a set of climatic variables such as temperature, humidity of the present, wind (Source: http://www.cs.toronto.edu/~sme/PMU199-climate-computing/pmu199-2011/).*

orography (such as the Alps). Very often the phenomena characterized by high resolution in space and time are those that determine the greatest impacts on the ground, but they are also those that require a higher computational cost.

The main characteristics and aims of these models are described below.

General Circulation Models (GCM) are mathematical models used to represent the general circulation of the atmosphere and the ocean, taking into account the thermodynamic terms for the various energy sources, as well as laws for the conservation of mass and momentum. Government equations are solved using computational networks, with spatial resolutions usually between 50 and 100 km.

GCMs are very important for studying the current climate and obtaining future climate projections according to the different emission scenarios proposed by the IPCC, used as input data for GCMs. The most important benefit of GCM results for practical applications is the physical consistency defined between the variables. However, due to the low spatial resolution values, they are not adequate to represent the characteristics of the climate more related to local factors, or to the soil-atmosphere interaction. However, this detail is needed to support impact applications and studies on climate change adaptation strategies.

Regional Climate Models (RCMs) are mathematical models used to simulate the physical dynamics of the climate system, for a limited area of interest, on a resolution from 50 km to 1 km. Such models are nested on a GCM model. This technique consists in using the outputs of GCM simulations, suitably interpolated and pre-treated, to provide the initial conditions and boundary conditions for a higher resolution simulation but affecting only a part of the Earth's surface. Regional Climate Models are used to support actions to characterize impacts and responses to climate change. For completeness it should be noted that in addition to the regional models, which represent a dynamic downscaling of global models, there is also the technique of «regionalization»which is essentially based on the search for statistical correlations between output of GCM models and long time series of observations. Such relationships are then also used to derive future scenarios for the point on which the statistical algorithm was defined. The dynamic and statistical approach have very different characteristics with regard to computational burdens, prerequisites and limits, and therefore have different advantages and disadvantages.

It has been demonstrated in many literature works that regional models are capable of providing a simulated and reliable synoptic event structure and evolution, realistic regional details of the surface climate and more detailed information on cli-

matic extremes (temperature, wind, precipitation). Accuracy of RCM results in reproducing the spatial and temporal characteristics of precipitation generally increases with increasing model resolution (in particular as regards the daily distribution of precipitation intensity). However, sometimes for impact analysis it is necessary to apply to the result obtained from RCM models methods of bias correction, that is, systematic error, essentially due to the resolution of the model and the simplification of some processes. Not perfect knowledge and the way the model describes physical processes are a source of uncertainty in the realization of climate projections, which tends to increase as the scale of interest becomes increasingly fine. Because of this uncertainty, different RCM models sometimes produce different responses in response to the same climate forcing. It is therefore fundamental to characterize the reliability of the different models by evaluating the different performances through comparison with observations in the past climate.

The sources of uncertainty associated with climate projections shall be represented by (i) greenhouse gas emission scenarios; (ii) the global (GCM) and regional (RCM) models considered; (iii) the relative parameterizations adopted and finally (iv) the reliability of the validation data set.

The first source of uncertainty (i) is not solvable as it depends on the political and social choices that will be made or not to mitigate the presence of climate-altering gases in the atmosphere, the only way to analyze it is considering different greenhouse gas concentration scenarios. The uncertainty associated with GCM and RCM (ii) could be explored by running the same simulation with different GCM and/or RCM. An optimal way, obtained through a cooperation effort between different research centers, is the execution of a test matrix, using different RCMs, each of which is forced by different GCMs. A so-called multi-model ensemble could significantly improve the reliability of the projections, especially if the individual elements are weighted with a measure of the model capacity.

The uncertainty relating to the parameterization[2] present in model (iii) can be managed by carrying out a sensitivity analysis, aimed at choosing the "best" set of parameters to be selected to define the parameterizations. Finally, the uncertainty associated with the reliability of observational data sets (iv) can be managed by considering different data sets[3] being validated.

sul clima futuro secondo i diversi scenari di emissione proposti dall'IPCC, utilizzati come dato in entrata per i GCM. Il vantaggio più importante dei risultati dei GCM per le applicazioni pratiche è la consistenza fisica definita tra le variabili. Tuttavia, a causa dei bassi valori di risoluzione spaziale, essi non sono adeguati a caratterizzare le caratteristiche del clima regionali e locale più legate a fattori locali, o all'interazione suolo-atmosfera. Tale dettaglio spazio-temporale è tuttavia essenziale per supportare analisi di impatto ma anche per studi sulle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per le analisi del rischio.

Per queste finalità vi sono i Modelli Regionali Climatici (RCM): modelli matematici utilizzati per eseguire una simulazione delle dinamiche fisiche del sistema climatico, per un'area di interesse limitata, su una risoluzione che attualmente può andare da 50 km a 1 km. Tali modelli sono innestati su un modello GCM. Questa tecnica consiste nell'utilizzare gli output delle simulazioni GCM, opportunamente interpolati e pre-trattati, per fornire le condizioni iniziali e le condizioni al contorno per una simulazione a maggior risoluzione ma che interessa solo una parte della superficie terrestre. I Modelli Regionali Climatici sono utilizzati per supportare azioni atte a caratterizzare impatti e risposte ai cambiamenti climatici. Per completezza va riportato che oltre ai modelli regionali, che rappresentano un *downscaling* dinamico dei modelli globali, esiste anche la tecnica di «regionalizzazione», di tipo statistico, che si basa essenzialmente sulla ricerca di correlazioni statistiche tra campi dei modelli GCM e lunghe serie storiche di osservazioni. Tali relazioni poi sono utilizzate anche per ricavare scenari futuri per il punto su cui l'algoritmo statistico è stato definito. L'approccio dinamico e quello statistico hanno caratteristiche molto diverse tra loro per quanto attiene oneri computazionali, prerequisiti e limiti, e quindi comportano diversi vantaggi e svantaggi.

È stato dimostrato in molteplici lavori di letteratura come i modelli regionali siano capaci di fornire una struttura e un'evoluzione degli eventi sinottici simulati e affidabili, dettagli regionali realistici del clima superficiale e informazioni più dettagliate sugli estremi climatici (temperatura, vento, precipitazioni). L'accuratezza dei risultati ottenuti attraverso gli RCM nel riprodurre le caratteristiche spaziali e temporali delle precipitazioni generalmente cresce con l'aumentare della risoluzione del modello (in particolare per quanto riguarda la distribuzione giornaliera dell'intensità delle precipitazioni). Per effettuare un'analisi degli impatti risulta necessario applicare ai risultati del modello RMC delle tecniche di rimozione del bias, ovvero dell'errore sistematico dovuto essenzialmente alla risoluzione del modello e alla semplificazione di alcuni processi fisici. La conoscenza non perfetta e il modo in cui il modello descrive i processi fisici rappresentano una fonte di incertezza nella realizzazione di proiezioni climatiche, che tende ad aumentare, man mano che la scala di interesse diventa sempre più fine. A causa di questa incertezza, modelli RCM diversi producono risposte diverse alle medesime condizioni in termini di scenari climatici utilizzati come loro input. Risulta quindi fondamentale caratterizzare l'affidabilità dei modelli valutandone le diverse prestazioni attraverso il confronto con le osservazioni nel clima passato.

Le fonti di incertezza associate alle proiezioni climatiche sono rappresentate (i) dagli scenari di emissione di gas serra; (ii) dai modelli globali (GCM) e regionali (RCM) considerati; (iii) dalle relative parametrizzazioni adottate ed infine (iv) dall'affidabilità del set di dati di validazione.

La prima fonte di incertezza (i) non è risolvibile in quanto dipende dalle scelte

2 *Parameterizations are statistical reports present in climate models to consider the effects of phenomena that occur at lower scales than those solved by the model, which therefore cannot be explicitly solved through the equations that define it.*

3 *With the development of scientific knowledge and informa-*

politiche e sociali che saranno fatte o meno per mitigare la presenza di gas climalteranti in atmosfera; l'unico modo per analizzarla è di realizzare simulazioni considerando diversi scenari di concentrazione di gas serra. L'incertezza associata a GCM e RCM (ii) potrebbe essere esplorata eseguendo la stessa simulazione con GCM e/o RCM diversi. Un modo ottimale, ottenuto attraverso uno sforzo di cooperazione tra diversi centri di ricerca, è l'esecuzione di una matrice di test, utilizzando diversi RCM, ognuno dei quali forzato da diversi GCM. Un cosiddetto *ensemble* multi-modello potrebbe migliorare significativamente l'affidabilità delle proiezioni, soprattutto se i singoli elementi sono pesati con una misura della capacità del modello. L'incertezza relativa alle parametrizzazioni[2] presenti nel modello (iii) può essere gestita effettuando un'analisi di sensibilità, finalizzata alla scelta del "migliore" insieme di parametri da selezionare per definire le parametrizzazioni. Infine, l'incertezza associata all'affidabilità dei set di dati osservazionali (iv) può essere gestita considerando diversi set di dati[3] in fase di validazione.

Gli impatti del cambiamento climatico

Eventi meteorologici estremi come ondate di calore, siccità, inondazioni e tempeste possono causare gravi danni e perturbazioni, con ingenti costi finanziari e talvolta perdite di vite umane. In tutto il mondo le condizioni meteorologiche estreme stanno portando al superamento dei record di temperatura e precipitazioni, con conseguenze sempre più gravi, mentre quelle che una volta erano considerate condizioni estreme cominciano ad essere nella norma[4].

Il cambiamento climatico sta esercitando una forte pressione anche sull'approvvigionamento alimentare e idrico, sulla salute umana, sulla sicurezza nazionale e sul rischio di crisi umanitarie. Allo stesso modo, la salute umana può essere influenzata da condizioni meteorologiche estreme e da fattori associati al cambiamento climatico, come l'inquinamento atmosferico e la diffusione di malattie. Quando il cambiamento climatico minaccia i bisogni fondamentali dell'uomo e il benessere, questo può aggravare le tensioni esistenti e può aumentare i rischi di conflitti regionali e di migrazioni. Inoltre, le ondate di calore, la siccità e le inondazioni possono complicare lo sforzo di soccorso per i rifugiati sfollati a causa dei conflitti.

Alcune industrie e comunità si stanno rivelando particolarmente vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico e stanno già pagando un prezzo elevato per i

Climate change impacts

Extreme weather events such as heat waves, droughts, floods and storms can cause severe damage and disruption, with huge financial costs and sometimes loss of life. All over the world extreme meteorological conditions are leading to the breaking of temperature and precipitation records, with increasingly serious consequences, while what were once considered extreme conditions are starting to be normal[4].

Climate change is also exerting severe pressure on food and water supplies, human health, national security and the risk of humanitarian crises. Similarly, human health can be affected by extreme weather conditions and by factors associated with climate change, such as air pollution and the spread of disease. When climate change threatens human basic needs and well-being, this can aggravate existing tensions and can increase the risks of regional conflict and migration. In addition, heat waves, droughts and floods can complicate the relief effort for refugees displaced by conflict. Some industries and communities are proving particularly vulnerable to the effects of climate change and are already paying a high price for climate disasters. It will be more difficult for insurance companies to provide protection against costly accidents such as flooding of people's homes. Food producers and water companies face increasing commercial risks resulting from the effects of drought, floods or other extreme weather conditions.

It is not only humans who are subjected to these risks, as variations in temperature, length and timing of the seasons and water availability are also causing strong changes in the conditions that support many species of wildlife. Under natural conditions, many species would be able to deal with changes gradually and adapt accordingly. Rapid climate change and the loss of natural habitats, especially for agriculture and urbanization, create unprecedented challenges for wildlife, even risking extinction. Although it is not easy to accurately quantify the costs of the impacts of climate change, an estimate by the Joint Research Center (for Europe alone and only for the ener-

2 Le parametrizzazioni sono relazioni statistiche presenti nei modelli climatici per considerate gli effetti dei fenomeni che avvengono a scale inferiori a quelle risolte dal modello, che quindi non possono essere esplicitamente risolte attraverso le equazioni che lo definiscono.

3 Con lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e dell'informatica, la domanda di insiemi di dati climatici a griglia con risoluzione fine è aumentata. Esistono diversi approcci statistici per interpolare le superfici climatiche e, di conseguenza, sono stati costruiti diversi dataset a griglia e serie di lunga data. Tuttavia, a causa della varietà degli sviluppatori, tali set di dati non sono completamente coerenti.

4 Ad esempio, gli studi mostrano che i forti acquazzoni responsabili di alcune terribili, recenti inondazioni sono diventati più probabili a causa del cambiamento climatico in quanto un'atmosfera più calda trattiene più acqua, dando luogo in alcuni punti a piogge più intense.

tion technology, the demand for fine-resolution grid climate data sets has increased. There are different statistical approaches to interpolate climate surfaces and, as a result, different grid datasets and long-standing series have been constructed. However, due to the variety of developers, these datasets are not completely consistent.

4 For example, studies show that heavy downpours responsible for some terrible recent floods have become more likely due to climate change as a warmer atmosphere retains more water, resulting in more intense rainfall in some places.

gy, transport, heavy industries, schools and hospitals sectors) indicates a current value of EUR 3.4 billion. year of damage, a figure that is expected to increase tenfold after 2050 in the event of inaction. The estimate of the financial resources necessary to achieve international objectives also presents ample margins of uncertainty. According to the IPCC, $ 2.190 billion a year of mitigation investment in the energy sector alone is needed to reach the 2°C target of the Paris Agreement. Estimates from the OECD, on the other hand, believe that up to $ 6,380 billion of annual investments in energy and transport and other infrastructures are necessary. Finally, the UN Environment Program (UNEP) predicts that, in 2030, economic resources between 6 and 13 times higher than the current global public spending on adaptation will be needed. The estimates offer a rather large range of values and subject to high uncertainty. Especially in the assessment of impacts, specific local and contingent conditions and a high number of environmental indicators must be taken into consideration.

An extreme climatic event is often associated with the concept of disaster, but it is not always the primary cause: critical situations can occur even without reaching extreme values, due to particular physical, geographical and social conditions prevailing in the affected area. The climatic event can constitute a threat and determine more or less high levels of danger if combined with particular characteristics of the elements and systems affected. In particular, in the urban environment, the morphological characteristics of the buildings, the lack of vegetation and the thermal and hydraulic properties of the surfaces are among the main causes of two typical urban areas phenomena, the urban heat island (or Urban Heat Island - UHI) and the Urban Surface Runoff[5]. The increase in intensity and frequency of extreme events, caused by climate change, adds to these results in the urban environment, with a consequent increase in negative impacts on the built system, infrastructural networks and the population.

The main impacts generated by these phenomena are:

- *urban heat island; increase in energy consumption, increase in thermal loads in open spaces, increase emissions into the*

5 The urban heat island is the difference in temperature between the urban area (warmer) and the surrounding rural area (colder), with greater intensity at night and in the summer and winter months. The urban surface runoff, on the other hand, is the phenomenon of southward runoff in open spaces caused by precipitation events and aggravated by the high percentage of impermeable surfaces and the inability of the sewage system to ensure the disposal of excess water flows.

disastri climatici. Le compagnie di assicurazione stanno entrando in un'epoca in cui sarà più difficile per loro fornire protezione contro incidenti costosi come le inondazioni delle case delle persone. I produttori di generi alimentari e le aziende idriche devono affrontare rischi commerciali crescenti derivanti dagli effetti di siccità, inondazioni o altre condizioni meteorologiche estreme.

Non è solo l'uomo ad essere sottoposto a tali rischi, in quanto le variazioni di temperatura, di durata e tempi delle stagioni e di disponibilità idrica stanno anche esercitando forti mutazioni nelle condizioni che sostengono molte specie di fauna selvatica. In condizioni naturali, molte specie sarebbero in grado di affrontare i cambiamenti gradualmente e di adattarsi di conseguenza. I rapidi cambiamenti climatici e la perdita di habitat naturali, soprattutto per l'agricoltura e l'urbanizzazione, creano sfide senza precedenti per la fauna selvatica, arrivando addirittura a rischiare l'estinzione. Sebbene non sia semplice quantificare con precisione i costi degli impatti del cambiamento climatico una stima del Joint Research Center (per la sola Europa e per i soli settori energia, trasporti, industrie pesanti, scuole ed ospedali) indica un valore attuale di danni pari a 3,4 miliardi di euro l'anno, un valore destinato ad aumentare di dieci volte dopo il 2050 in caso di inazione. Anche la stima delle risorse finanziarie necessarie a raggiungere gli obiettivi internazionali presenta ampi margini di incertezza. Secondo l'IPCC, per raggiungere l'obiettivo di 2°C dell'Accordo di Parigi sono necessari 2.190 miliardi USD l'anno di investimenti in mitigazione solo nel settore energetico. Stime dell'OCSE invece,



Fig. 3 - Un numero crescente di comunità, che vivono nella costa e nell'entroterra, sono interessate da condizioni meteorologiche estreme, innalzamento del livello del mare e altri impatti del cambiamento climatico come inondazioni. Generalmente tali fenomeni sono attesi in aumento, in termini di frequenza ed intensità come effetto del riscaldamento globale / *An increasing number of communities, living on the coast and inland, are affected by extreme weather conditions, rising sea levels and other impacts of climate change such as floods. Generally, these phenomena are expected to increase, in terms of frequency and intensity as an effect of global warming* (Source: https://unsplash.com/photos/4Wux0deJ5Vs).

ritengono necessari fino a 6.380 miliardi USD di investimenti annui in energia e trasporti e altre infrastrutture. Infine, il Programma Ambiente dell'ONU (UNEP) prevede che, nel 2030, saranno necessarie risorse economiche tra 6 e 13 volte superiori all'attuale spesa pubblica globale in adattamento. Le stime offrono un intervallo di valori piuttosto grande e soggetto ad elevata incertezza. Specialmente nella valutazione degli impatti devono essere tenute in considerazione condizioni specifiche locali e contingenti e un elevato numero di indicatori ambientali.

Un evento climatico estremo è spesso associato al concetto di disastro, ma non sempre ne è la causa primaria: situazioni critiche possono verificarsi anche senza il raggiungimento di valori estremi, a causa delle particolari condizioni fisiche, geografiche e sociali prevalenti nell'area interessata. L'evento climatico può costituire una minaccia e determinare livelli più o meno elevati di pericolosità (*hazard*) se combinato a particolari caratteristiche degli elementi e sistemi colpiti.

In particolare, in ambito urbano le caratteristiche morfologiche del costruito, la carenza di vegetazione e le proprietà termiche e idrauliche delle superfici sono tra le cause principali di due fenomeni tipicamente delle aree urbane, l'isola di calore urbano (o *Urban Heat Island* - UHI) e l'*Urban Surface Runoff*[5] (Georgi, 2016). L'aumento di intensità e frequenza degli eventi estremi (temperatura e precipitazioni) determinato dal cambiamento climatico si somma, in ambito urbano, a tali fenomeni, con conseguente incremento degli impatti negativi sul sistema costruito, le reti infrastrutturali e la popolazione. I principali impatti generati da questi fenomeni sono:

- isola di calore urbano; incremento del consumo di energia, aumento dei carichi termici negli spazi aperti, elevate immissioni nell'atmosfera di inquinanti e gas serra, peggioramento del comfort dell'individuo e delle condizioni di salute umana;
- *urban surface runoff;* danni o perdite dovuti al contatto diretto con l'acqua, quali ad esempio danni fisici agli edifici (elementi strutturali o di finitura) e alle infrastrutture e conseguenti spese per il ripristino o la ricostruzione, disagi alla mobilità veicolare e pedonale, peggioramento della qualità dell'acqua (il deflusso superficiale può provocare il trasporto verso i corpi idrici superficiali e sotterranei degli inquinanti presenti sul territorio, quali residui delle emissioni di autoveicoli, nutrienti e pesticidi), interruzione prolungata delle attività economiche e sociali (perdita della produzione industriale e agricola) o dei servizi (infrastrutture di rete e di trasporto, attività scolastiche, assistenza sanitaria, etc.).

Al fine di poter contrastare questi fenomeni, è inevitabile una revisione delle forme e modalità tipiche dei processi di decisione e di riduzione del rischio nell'ottica di un bilanciamento, che coinvolge sia il complesso rapporto tra uomo e ambiente sia la capacità di affrontare la questione ambientale con una visione sistemica, dando risposte adeguate al frequente insorgere di situazioni d'emergenza. I concetti alla

5 L'isola di calore urbano è la differenza di temperatura tra area urbana (più calda) e area rurale circostante (più fredda), con un'intensità maggiore di notte e nei mesi estivi e invernali. L'*Urban Surface Runoff*, invece, è il fenomeno di ruscellamento superficiale negli spazi aperti causato dagli eventi di precipitazione e aggravato dall'elevata percentuale di superfici impermeabili e dall'incapacità del sistema fognario di garantire lo smaltimento dei flussi idrici in eccesso.

atmosphere of pollutants and greenhouse gases, worsening of individual comfort and human health conditions;

- *drainage of the urban surface; damage or loss due to direct contact with water, such as for example physical damage to buildings (structural or finishing elements) and infrastructures and consequent costs for restoration or reconstruction, inconvenience to vehicular and pedestrian mobility, deterioration of water quality (surface runoff can cause the transport to surface and underground water bodies of pollutants present in the territory, such as residues from vehicle emissions, nutrients and pesticides), prolonged interruption of economic and social activities (loss of industrial and agricultural production) or of services (network and transport infrastructures, school activities, health care, etc.).*

In order to be able to counter these phenomena, a revision of the typical forms and methods of decision-making and risk reduction processes is inevitable with a view to balancing, which involves both the complex relationship between man and the environment and the ability to address the environmental issue. with a systemic vision, giving adequate responses to the frequent emergence of emergency situations. The insights behind strategies to respond to the pressures of climate change include keywords such as "mitigation" and "adaptation".

In the first case we try to reduce or eliminate the main cause of climate change, with results expected in the long term, in the second case we intervene immediately, to changes that have already occurred, to reduce the predisposition of human and natural systems to undergo negative effects. The two strategies, while differing in cost, time and space scale, are not alternatives, but complementary, as highlighted by the IPCC (2014). In general, mitigation actions have received more attention from both a scientific and political point of view for various reasons, such as the ability to reduce large-scale impacts in all climate-sensitive systems, the certainty and ease of monitoring results, the application of the principle of causality. On the other hand, the adaptation measures, although initially associated with the passive acceptance of the effects of man on the environment, represent a measure with a widely recognized validity. Thanks to the ability to act locally even in the short term and to bring auxiliary benefits, it is hoped that these measures will be integrated into all policies at any level. The urgency is confirmed by the rapidity with which changes, not only climatic, occur, affecting entire communities and territories. In this context, the definition of a state of dynamic equilibrium represents the most realistic and effective way to pursue compared to the state of perfect equilibrium desired by sustainability. This condition can only be reached through an approach that is able to tackle the problems connected to climate change in an in-

ter-scaled way, while ensuring an efficient use of resources, environmental protection, optimal management of environmental flows and cycles and the well-being and health of the individual.



Fig.4 - Le aree verdi urbane, prati, giardini giocano un ruolo fondamentale per l'adattamento agli effetti del climate change, molte città nel mondo, stanno quindi già incrementando il numero di tali aree come strategia di contrasto agli impatti del cambiamento climatico / *Urban green areas, lawns, gardens play a fundamental role in adapting to the effects of climate change. Many cities around the world are therefore already increasing the number of such areas as a strategy to combat the impacts of climate change* (Photograph by Marco Sala, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons).

base delle strategie di risposta alle pressioni esercitate dai cambiamenti climatici includono parole chiave quali "mitigazione" e "adattamento".

Nel primo caso si cerca di ridurre o eliminare la causa principale del cambiamento climatico, con risultati attesi nel lungo periodo, nel secondo caso si interviene nell'immediato, a cambiamenti già avvenuti, per ridurre la predisposizione di sistemi umani e naturali a subire effetti negativi. Le due strategie, pur differendo per costi, scala temporale e spaziale non sono alternative, ma complementari, così come sottolineato dall'IPCC (2014). In generale, le azioni di mitigazione hanno ricevuto più attenzione sia da un punto di vista scientifico che politico per svariati motivi, quali la capacità di ridurre gli impatti su ampia scala in tutti i sistemi *climate-sensitive* (Hewitson et al., 2014), la certezza e la facilità di monitoraggio dei risultati, l'applicazione del principio di causalità. Dall'altro lato, le misure di adattamento, seppur inizialmente associate all'accettazione passiva degli effetti dell'uomo sull'ambiente, rappresentano una misura dalla validità ampiamente riconosciuta.

Grazie alla capacità di agire localmente anche nel breve periodo e di apportare benefici ausiliari, si auspica l'integrazione di tali misure in tutte le politiche a qualsiasi livello. L'urgenza è confermata dalla rapidità con cui i cambiamenti, non solo climatici, avvengono, interessando intere comunità e territori. In tale quadro, la definizione di uno stato di equilibrio dinamico rappresenta la strada da perseguire più realistica e più efficace rispetto allo stato di perfetto equilibrio auspicato dalla sostenibilità. Tale condizione è raggiungibile solo attraverso un approccio che sappia affrontare i problemi connessi al cambiamento climatico in maniera interscalare, garantendo al contempo un uso efficiente delle risorse, la salvaguardia ambientale, la gestione ottimale dei flussi e dei cicli ambientali e il benessere e la salute dell'individuo.

References

Hewitson, B., A.C. Janetos, T.R. Carter, F. Giorgi, R.G. Jones,W.-T. Kwon, L.O. Mearns, E.L.F. Schipper, & M. van Aalst, (2014), "Regional context", in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*, *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1133-1197.

HRH The Prince of Wales, Juniper, T. & Shuckburgh, E. (2017), *Climate Change (A Ladybird Expert Book),* Penguin.

Georgi, B., Isoard, S., Asquith, M., Garzillo, C., Swart, R. J., & Timmerman, J. G. (2016), *Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate,* (12 ed.) (EEA Report; No. No 12/2016), ETC CCA, available at: http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016

Mercogliano, P., Bucchignani, E., Reder, A. & Rianna, G. (2018), "Climate Change", in Bobrowsky, P.T. & Marker, B. (eds) *Encyclopedia of Engineering Geology,* Springer Book.

Mercogliano, P., Montesarchio, M. & Barbato, G. (2017), "Come sarà il clima futuro in Italia: le proiezioni al 2050", *Equilibri,* n. 2, 2017, *Cambiamento climatico in Italia: impatti e adattamento*, FEEM, pp. 219-225.

Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds) (2014), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Website

https://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf

Hazard

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

Negli ultimi decenni gli scenari di catastrofi "naturali" e i costi dei danni ad esse collegati hanno visto un notevole incremento. Questa crescita è attribuita in particolare ai cambiamenti climatici che aumentano il numero, l'entità e la durata di diversi *hazards*, quali *heat wave, pluvial flood* e siccità, comportando impatti sempre maggiori soprattutto nelle aree urbane (IPCC, 2018) (Fig. 1).

Il *Global Risks Report* del WEF (World Economic Forum) (2016) indica che la probabilità di accadimento dei rischi e le loro interrelazioni sono in aumento e, per la prima volta, un rischio ambientale è classificato al primo posto in termini di impatti attesi.

Nella tabella seguente (tab. 1) si riportano su scala temporale le principali definizioni del termine *Hazard* nella letteratura tecnica sul *Climate change*.

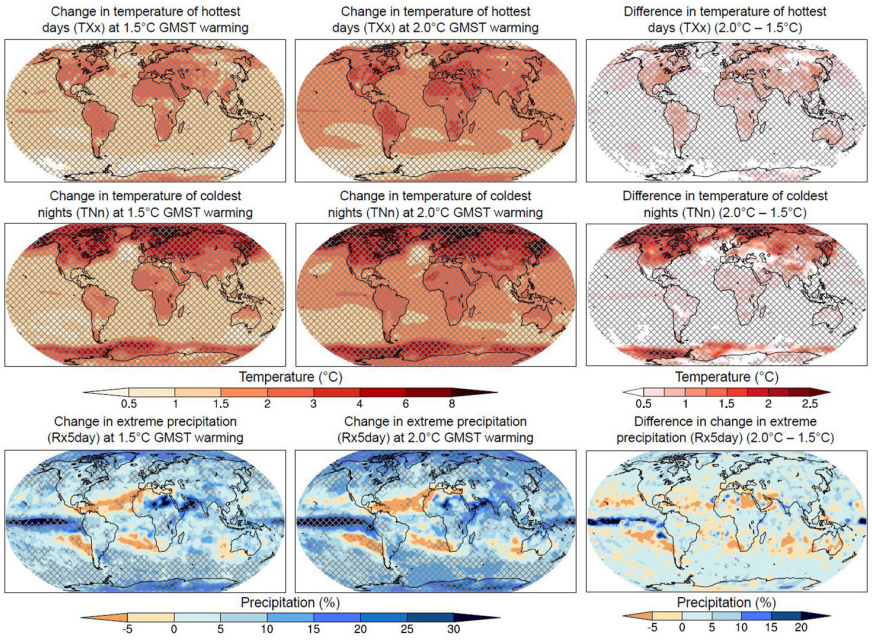


Fig. 1 - Proiezioni su temperature estreme (*hottest days* e *coldest nights*) e precipitazioni estreme (Rx-5day), nei due scenari di *Global warming* di 1,5 °C (sinistra) e 2 °C (centrale) con le differenze tra i due (destra) / *Projections on extreme temperatures (hottest days and coldest nights) and extreme precipitation (Rx5day), in the two scenarios of Global warming of 1.5 °C (left) and 2 °C (central) with the differences between the two (right)* (Source: IPCC, 2018).

In recent decades "natural" disaster scenarios and the costs of the damage associated with them have increased considerably. This growth is attributed in particular to climate change that increases the number, extent and duration of different hazards, such as heat wave, pluvial flood and drought, resulting in ever greater impacts especially in urban areas (IPCC, 2018) (Fig. 1).

The WEF's (World Economic Forum) Global Risks Report (2016) indicates that the likelihood of risk occurrence and its interrelationships are increasing and, for the first time, an environmental risk is ranked first in terms of expected impacts.

The following table (tab.1) shows the main definitions of Hazard in the technical literature on Climate Change.

The definitions give the following classification (UNISDR, 2009; UN, 2015) of the term:

- *natural hazards are predominantly associated with natural processes and phenomena; anthropogenic hazards, are induced entirely or predominantly by human activities and choices, this term does not include the occurrence of armed conflicts and other situations of social instability; socio-natural hazards are associated with a combination of natural and anthropogenic factors, including environmental degradation and climate change;*
- *hazards may be single, sequential or combined in their origin and effects. Each hazard is characterized by its location, intensity or magnitude, frequency and probability. The term multi-hazard means the selection of major hazards, cascadingly or cumulatively over time, that a specific contexts may face simultaneously, taking into account the potential interrelated effects;*
- *hazards can be: biological, environmental, geological and geophysical, hydrometeorological and technological.*

The extreme event is often associated with the concept of disaster, but it is not always the primary cause of it: it assumes the hazard characteristic if conditions exist such as to transform it into a threat, therefore the danger, often represented as the probability of occurrence of dangerous events or trends multiplied by the magnitude of the latter, ie the consequences that

would occur if these events occurred, with regard to climatic and weather events is more related to the peculiarities of the affected elements and systems than to the event itself (IPCC, 2018). The risks arising from climate change are therefore the result of the interaction between climate-related hazards and geographical, socio-economic, morphological and institutional characteristics (planning and regulatory tools) and the level of information and awareness of the various actors involved. The risk exists in fact only if in a given area and temporal interval there are simultaneously a source of danger and a target system exposed to the same danger according to varying degrees of vulnerabilities depending on the type of the object exhibited and the characteristics of the context (Landis, 2004). The action of man has compromised the natural balances, making it difficult to identify the causes of the disaster and calling into question its actual "naturalness" (Marotta & Zirilli, 2015).

Several authors point out that it is the human choices and actions that take place before, during or after the event that characterize it as dangerous, in relation to this are defined the "unnatural" hazards (Kelman, 2010).

Climate risk is defined (Castellari, 2014) as the complex product of the interaction between: vulnerability, land exposure to climate impacts (that is the presence of people, ecosystems, services, infrastructure, socio-economic and cultural activities, which may be exposed to the negative impacts of climate change) and the hazards caused by the climate and climate change (extreme events and time trends) (Fig. 2).

*In the analysis of climate-related hazards in urban context, the vulnerability is the factor of greatest interest, it can be viewed in two prevailing tendencies: the amount of (potential) damage caused by a particular hazard to a system (biophysical vulnerability) and a state that exists within a system before it encounters an hazard (socio-economic vulnerability) (Ciurean et al., 2013). In the first case, are emphasizes the impacts assessment and not the pre-existing state therefore vulnerability exists only because hazard exists (end-point or outcome vulnerability); in the second case, vulnerability exists independently of external stress, refers to the intrinsic characteristics of system and determines the nature and magnitude of impacts generated (starting point or contextual vulnerability) (Apreda, 2016). In vulnerability assessment, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) considers both biophysical and social factors as determinants in the identification of exposure, sensitivity and response capacity (IPCC, 2018) (Fig. 3). These parameters, in relationship to hazard, represent climate risk drivers according to the following formula: R = H*V = H* (E*S/RC) in which: R climate risk, H hazard, V vulnerability, E exposure, S sensitivity, RC response capacity.*

Dalle definizioni emerge la seguente classificazione (UNISDR, 2009; UN, 2015) del termine:

- *hazards* naturali sono associati prevalentemente ai processi e ai fenomeni naturali; *hazards* antropogenici sono i pericoli indotti interamente o prevalentemente dalle attività e dalle scelte umane, non comprendono i conflitti armati e altre situazioni di instabilità sociale; *hazards* socio-naturali sono associati a una combinazione di fattori naturali e antropogenici, tra cui il degrado ambientale e il cambiamento climatico;
- gli *hazards* possono essere singoli, sequenziali o combinati nella loro origine e nei loro effetti. Ogni *hazard* è caratterizzato dalla localizzazione, intensità o magnitudine, frequenza e probabilità. Il termine *multi-hazards* significa la scelta dei principali *hazards*, a cascata o cumulati nel tempo, a cui un'area può essere esposta simultaneamente, tenendo conto dei potenziali effetti correlati;
- gli *hazards* possono essere: biologici, ambientali, geologici e geofisici, idrometereologici e tecnologici.

L'evento estremo è spesso associato al concetto di disastro, ma non sempre ne è la causa primaria: assume la caratteristica di *hazard* se esistono condizioni tali da trasformarlo in minaccia, dunque la pericolosità, spesso rappresentata come la probabilità del verificarsi di eventi o *trend* pericolosi moltiplicata per la magnitudo di quest'ultimi, ossia le conseguenze che si avrebbero se questi eventi si verificassero, relativamente ad eventi climatici e meteorologici è legata più alle peculiarità degli elementi e sistemi colpiti che non all'evento in sé (IPCC, 2018). I rischi derivanti dai cambiamenti climatici sono dunque il risultato dell'interazione tra i *climate-related hazards* e le caratteristiche geografiche, socio-economiche, morfologiche e istituzionali (strumenti di pianificazione e regolamentazione) e il livello di informazione e consapevolezza dei vari attori coinvolti. Il rischio sussiste infatti solo se in una data area ed intervallo temporale sono presenti conte-

Autore	Anno	Definizione
UNISDR	2017	"A process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation."
IPCC	2014	" The potential occurrence of a natural or human-induced physical event or trend or physical impact that may cause loss of life, injury, or other health impacts, as well as damage and loss to property, infrastructure, livelihoods, service provision, ecosystems and environmental resources."
UNISDR	2009	" A dangerous phenomenon, substance, human activity or condition that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, loss of livelihoods and services, social and economic disruption, or environmental damage."
WMO	2006	" A threatening event, or the probability of occurrence of a potentially damaging phenomenon within a given time period and area."

Tab. 1 - Definizioni del termine *Hazard* nella letteratura tecnica sul Climate change / *Definitions of the term Hazard in the technical literature on Climate change.*

stualmente una sorgente di pericolo e un sistema bersaglio esposto al pericolo stesso, secondo gradi di vulnerabilità variabili in funzione della tipologia del bene esposto e delle caratteristiche del contesto (Landis, 2004). L'azione dell'uomo ha compromesso gli equilibri naturali, rendendo difficile l'individuazione delle cause del disastro e mettendone in discussione l'effettiva "naturalezza" (Marotta & Zirilli, 2015).

Diversi autori sottolineano che sono le scelte e le azioni umane che avvengono prima, durante o dopo l'evento a caratterizzarlo come pericoloso, in relazione a ciò vengono definiti gli "*unnatural hazards*" (Kelman, 2010).

Il rischio climatico viene definito (Castellari, 2014) come il prodotto complesso dell'interazione tra: la vulnerabilità, l'esposizione del territorio agli impatti climatici (ovvero la presenza di persone, ecosistemi, servizi, infrastrutture, attività socio-economiche e culturali, che possono essere esposti agli impatti negativi dei cambiamenti climatici) e gli *hazards* provocati dal clima e dai cambiamenti climatici (eventi estremi e *trend* nel tempo) (Fig. 2).

Nell'analisi dei *climate-related hazards* in ambito urbano, la vulnerabilità rappresenta il fattore di interesse principale, secondo due orientamenti prevalenti: uno vede la vulnerabilità come il livello di danno (potenziale) provocato da un *hazard* su un determinato sistema (vulnerabilità biofisica), l'altro la considera come uno stato esistente all'interno del sistema prima di incontrare l'*hazard* (vulnerabilità socio-economica) (Ciurean et al., 2013). Nel primo caso, si valutano gli impatti prodotti dall'evento e non lo stato preesistente, per cui la vulnerabilità esiste solo perché esiste l'evento (*end-point* o *outcome vulnerability*); nel secondo caso, la vulnerabilità esiste indipendentemente dalle sollecitazioni esterne, è definita da caratteristiche intrinseche del sistema e determina la natura e l'entità degli impatti generati (*starting point* o *contextual vulnerability*) (Apreda, 2016). L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) nella valutazione della vulnerabilità

Adaptive capacity refers to the ability, in the long term, to design and implement effective adaptation strategies, reacting to the continuous evolution of hazard and stress, in order to reduce the probability of occurrence and/or magnitude of damage caused by climatic events and ensure a dynamic balance (Brooks & Adger, 2004).

Environmental Design is a discipline capable of promoting actions of adaptive design that, therefore, should be based on a sound identification and estimation of hazards and a careful assessment of the exposure and vulnerability conditions of systems, taking into account their inter-scalar relationship (D'Ambrosio, 2016).

In contemporary debate, therefore, the "cultures of the architectural project" (Perriccioli, 2016) must constantly measure themselves with the concepts of risk and resilience, assuming the existence of societies, technologies, ideologies and rhetoric of risk, raising for cities the question of the adequacy of conventionally adopted methodologies for risk mapping and characterisation. The social demand is oriented towards specific protection actions aimed at dealing with catastrophic events through interventions to prevent and reduce damage, which point, although with different modalities and results, to achieve settlement conditions consistent with proactive risk management (UN, 2015).

If, however, for some types of events it is possible to implement prevention plans based on the principle of "cause-effect", to be linked to policy and decision-making dynamics of "supply

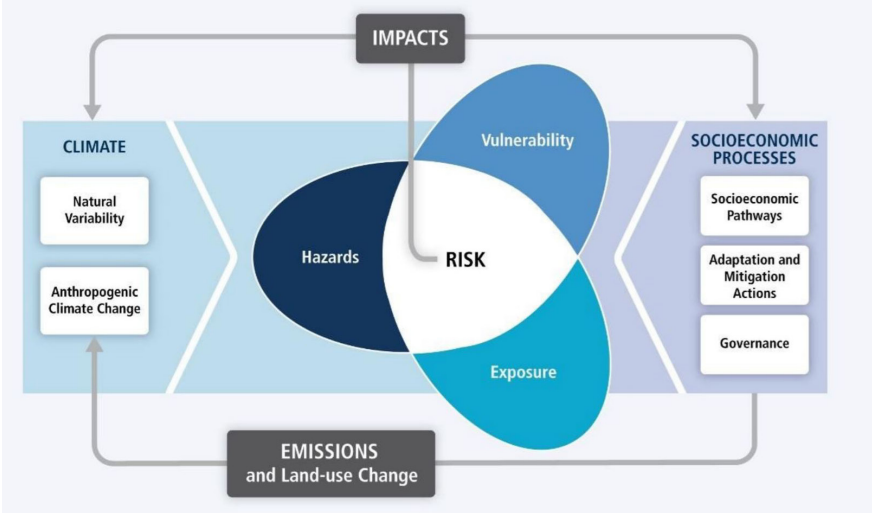


Fig. 2 - Schema che mette in relazione i fattori per la determinazione del rischio legato al cambiamento climatico / *Framework linking factors for determining the risk of climate change* (Source: IPCC, 2014).



Fig. 3 - Aree altamente vulnerabili / *High vulnerable area* (Source: https://www.eco-business.com/opinion/how-global-warming-is-adding-to-the-health-risks-of-the-poor/).

chain" (from the national to the local scale) for climate change events, the perception of risk itself and the estimation of the damage caused are variable factors, depending on the particular nature of the phenomenon, whose impacts are linked to long-term changes (slow-onset hazard) and related to a chain of events on a "global" scale not yet fully describable in analytical terms (Rigillo, 2016). Indeed, the magnitude and frequency of impacts of the C.C. are so different in time and geographical areas to generate a state of uncertainty that defines the specificity of studies that, in contrast to other risk categories (seismic, hydrogeological, volcanic) it is characterized by the "cultural" dimension of the phenomenon, conditioned as it is by the political decision and by the measures taken, such as: strengthening the capacity to forecast events at the local level; implementation of technologies to mitigate the phenomenon; development of "adaptation" processes to reduce the vulnerability of territories; building the response capacity of the population in the event of disasters (Rigillo, 2016). This is an important change, which integrates the design approach for securing resistance with preparedness, resulting in a cultural position that makes the concept of systemic vulnerability central (Wisner, 2016) based within the SES (Socio-Ecological Systems) field and in the wider debate on urban resilience, where, while exposure is considered a sort of invariant, sensitivity and adaptive capacity become the key factors on which operate (Rigillo, 2016).

It is now recognised that the complex, networked nature of modern society, and its heavy dependency on critical infrastructure, mean that many disasters will be cascading events, in which combinations of vulnerabilities can create 'escalation points' at which secondary disasters can occur (Pescaroli & Alexander, 2018). In this context, the importance of adopting a multi-hazard approach emerge at both global and European level (EC, 2010).

However, usually the single-hazard perspective is adopted to evaluate the consequences on vulnerable systems of climate-related hazards, which allows to determine the individual risk arising from one particular hazard and process occurring in a specific geographic area during a given period of time (EC, 2010).

The natural systems, to which the hazards belong, are composed of several interactive components and these interactions give rise to phenomena which cannot be reduced to the sum of the individual components of the observed system (Kappes et al., 2012). In single-hazard analyses, subsystems are created that can be managed to model the threat based on data availability, but not providing an integrated assessment of the multiple risks triggered by natural and anthropogenic forces (Kappers et al., 2010).

considera sia i fattori biofisici che sociali quali determinanti nell'individuazione di esposizione, sensitività e capacità di risposta (IPCC, 2018) (Fig. 3). Tali parametri, se messi in relazione con l'*hazard*, si configurano come *driver* del rischio climatico secondo la seguente formula: R = H*V = H* (E*S/RC) in cui: R *climate risk*, H *hazard*, V *vulnerability*, E *exposure*, S *sensitivity*, RC *response capacity*.

La *response capacity* rappresenta l'abilità nel lungo termine di progettare e implementare strategie di adattamento efficaci, reagendo alla continua evoluzione di *hazard* e stress, al fine di ridurre la probabilità di occorrenza e/o la magnitudo dei danni risultanti dagli eventi climatici e garantire un equilibrio dinamico (Brooks & Adger, 2004).

La Progettazione Ambientale si configura come disciplina capace di promuovere azioni di *Adaptive design* che, pertanto, devono basarsi su una solida identificazione e stima degli *hazards* e su un'attenta valutazione delle condizioni di esposizione e vulnerabilità dei sistemi, considerandone le interazioni in maniera interscalare (D'Ambrosio, 2016).

Nel dibattito contemporaneo, quindi, le "culture del progetto architettonico" (Perriccioli, 2016) devono misurarsi costantemente con i concetti di rischio e resilienza, ipotizzando l'esistenza di società, tecnologie, ideologie e retoriche del rischio e ponendo per le città la questione relativa all'adeguatezza delle metodologie convenzionalmente adottate per la mappatura e la caratterizzazione dei rischi. La domanda sociale viene orientata verso specifiche azioni di tutela volte a fronteggiare gli eventi catastrofici attraverso interventi di prevenzione e riduzione del danno, che puntano, seppure con modalità e risultati differenti, a realizzare condizioni insediative coerenti con la gestione proattiva del rischio (UN, 2015).

Se, però, per alcune tipologie di eventi è possibile attuare piani di prevenzione basati sul principio di "causa-effetto", da ancorare a politiche e dinamiche decisionali di "filiera" (dalla scala nazionale a quella locale), per gli eventi generati dal cambiamento climatico la percezione stessa del rischio e la stima dei danni generati sono fattori variabili, dipendenti dalla natura particolare del fenomeno, i cui impatti sono connessi a cambiamenti di lungo periodo (*slow-onset hazard*) e riferiti a una catena di eventi a scala "globale" ancora non totalmente descrivibili in termini analitici (Rigillo, 2016). Infatti, la magnitudo e la frequenza degli impatti del *Climate change* sono così differenti nel tempo e nelle aree geografiche da generare una condizione di incertezza che ne definisce la specificità degli studi che, diversamente da altre categorie di rischio (sismico, idrogeologico, vulcanico), si caratterizza per la dimensione "culturale" del fenomeno, condizionato com'è dalla decisione politica e dalle misure di contrasto adottate, quali: il rafforzamento della capacità di previsione degli eventi alla scala locale; l'implementazione di tecnologie per la mitigazione del fenomeno; la messa a punto di processi di "adattamento" volti a ridurre la vulnerabilità dei territori; la costruzione della capacità di risposta della popolazione in caso di disastri (Rigillo, 2016). Si tratta di una modifica importante, che integra l'approccio progettuale per la messa in sicurezza relativo alla *resistance* con la *prepardness*, traducendosi in una posizione culturale che rende centrale il concetto di vulnerabilità sistemica (Wisner, 2016) incardinato nell'ambito dei SES (Sistemi Socio-Ecologici) e nel più ampio dibattito sulla resilienza urbana in cui, mentre l'esposizione è considerata una sorta di invariante, sensitività e capacità adattiva diventano i fattori chiave su cui intervenire (Rigillo, 2016).

È ormai riconosciuto che la natura complessa e connessa della società moderna

e la sua forte dipendenza dalle infrastrutture critiche fanno sì che molti disastri si qualifichino come eventi compositi a cascata, in cui le combinazioni di molteplici vulnerabilità possono dare origine a "punti di *escalation*" che una volta raggiunti possono comportare il verificarsi di disastri secondari (Pescaroli & Alexander, 2018). In tale contesto, emerge l'importanza di adottare un approccio *multi-hazards* sia a livello globale che europeo (EC, 2010).

Tuttavia, solitamente per valutare le conseguenze sui sistemi vulnerabili dei *climate-related hazards* si adotta la prospettiva *single-hazard*, che consente di determinare il rischio individuale dovuto ad uno specifico *hazard* che si verifica in una specifica area geografica durante un determinato periodo di tempo (EC, 2010).

I sistemi naturali, a cui gli *hazard* appartengono, sono costituiti da più componenti interattive e queste interazioni danno luogo a fenomeni non riducibili alla somma dei singoli componenti del sistema osservato (Kappes et al., 2012). Nelle analisi *single-hazard* vengono creati sottosistemi che possono essere gestiti per modellare la minaccia in base alla disponibilità dei dati, non fornendo però una valutazione integrata dei molteplici rischi innescati da forze naturali e antropogeniche (Kappers et al., 2010). Le analisi *multi-hazards risk* offrono il vantaggio di considerare una parte più ampia del sistema complessivo, inoltre assicurano la combinabilità e la comparabilità dei risultati delle analisi *single-hazard* (Kappers et al., 2010). Il passo più importante è quello di identificare le relazioni tra gli *hazards* e stabilire i rispettivi collegamenti, ciò può essere fatto identificando i pericoli interconnessi o simultanei, oppure attraverso analisi più sofisticate con scenari probabilistici *what-if*.

Un approccio *multi-hazards* finalizzato alla gestione delle catastrofi e alla riduzione dei rischi è stato proposto prima nella Conferenza Agenda 21 di Rio de Janeiro e poi nel Piano di Johannesburg. Inoltre l'Unione Europea ha adottato le linee guida *Risk assessment and mapping for disaster management* (EC, 2010) documento in cui per la prima volta viene assunto l'approccio MHRA (Multi-Hazard Risk Assessment).
L'approccio *multi-hazard* rientra all'interno della visione *multi-risk*, costituendone uno dei due pilastri insieme alla multi-vulnerabilità. Il *multi-hazard risk assessment* (Kappes et al., 2012) analizza congiuntamente i diversi *hazards* aggregandoli in un indice, secondo le seguenti fasi: *hazard assessment*, *multi-hazards assessment*, *exposure assessment of elements at risk*, *vulnerability assessment*, *multi-hazards risk assessment*.

Sebbene i metodi di analisi degli *hazards* siano già ben consolidati per molti processi naturali, la loro indagine interrelata pone due sfide principali: gli *hazards* non sono direttamente comparabili in quanto differiscono per le caratteristiche come intensità, periodo di ritorno o parametri di influenza sugli elementi a rischio, oltre che per le procedure di stima e modello e le unità per quantificarli; i pericoli possono interagire innescando effetti a cascata e dinamiche accoppiate (Marzocchi et al., 2009). Nella letteratura esistente, il primo problema è stato affrontato attraverso approcci quantitativi di standardizzazione, come la classificazione dell'intensità di pericolo e lo sviluppo di indici omogenei, mentre la seconda a livello qualitativo attraverso matrici descrittive in cui i meccanismi accoppiati sono concettualizzati sulla base di dinamiche *multi-hazards* osservate su scala locale (Gill & Malamud, 2014).

I risultati finali di approcci qualitativi, semi-quantitativi o quantitativi *multi-hazards* forniscono una classificazione delle aree più colpite rispetto ai diversi hazards esaminati secondo un indice di rischio totale. Le mappe *spatial-oriented* possono essere utilizzate da diversi utenti finali per l'attuazione di misure di adattamento e di pianificazione.

Multi-hazard risk analyses offer the advantage of considering a wider part of the overall system, and also ensure the combinability and comparability of single-hazard analysis results (Kappers et al., 2010). The most important step is to identify the relationships between hazards and establish the respective connections, this can be done by identifying the interconnected or simultaneous hazards, or through more sophisticated analysis with what-if probabilistic scenarios.

A multi-hazard approach to disaster management and risk reduction was proposed first at the Agenda 21 Conference in Rio de Janeiro and then in the Johannesburg Plan. Moreover the European Union has adopted the guidelines Risk assessment and mapping for disaster management (EC, 2010) document in which for the first time it is assumed the approach MHRA (Multi-Hazard Risk Assessment).
The multi-hazard approach is part of the multi-risk vision, constituting one of the two pillars along with multi-vulnerability. The multi-hazard risk assessment (Kappes et al., 2012) jointly analyses the different hazards by aggregating them into an index, according to the following steps: hazard assessment, multi-hazard assessment, exposure assessment of elements at risk, vulnerability assessment, multi-hazard risk assessment.

Although hazard analysis methods are already well established for many natural processes, their interrelated investigation poses two main challenges: hazards are not directly comparable because they differ in characteristics such as intensity, return period or influence parameters on the elements at risk, in addition to estimation and model procedures and units to quantify them; hazards can interact triggering cascade effects and coupled dynamics (Marzocchi et al., 2009). In existing literature, the first problem has been addressed through quantitative approaches of standardisation, such as hazard intensity classification and development of homogeneous indices while the second at a qualitative level through descriptive matrixes in which the coupled mechanisms are conceptualized on the base of dynamics multi-hazards observed on a local scale (Gill & Malamud, 2014).

The final results of qualitative, semi-quantitative or quantitative multi-hazard approaches provide a classification of the areas most affected by the different hazards examined according to a total risk index. Spatial-oriented maps can be used by different end-users to implement adaptation and planning measures.

Despite the relevance of the C.C. most decisions on environmental management (e.g. flood reduction measures, land development plans, adaptation actions to extreme temperatures), even those based on multi-hazard approaches, are based on current climatic/meteorological conditions. However, it is increasingly important

to consider climatic variability in future decisions (IPCC, 2018), although their integration makes the analysis extremely challenging, particularly in the context of multi-hazard risk assessment (Gallina et al., 2016).

Nonostante la centralità del *Climate change* la maggior parte delle decisioni sulla gestione ambientale (ad es. misure di riduzione delle inondazioni, piani di sviluppo territoriale, azioni di adattamento alle temperature estreme), anche quelle basate su approcci *multi-hazards*, si fondano sulle condizioni climatiche/meteorologiche attuali. Tuttavia, è sempre più importante considerare la variabilità climatica nelle decisioni future (IPCC, 2018), anche se la loro integrazione rende l'analisi estremamente impegnativa, in particolare nel contesto di *multi-hazard risk assessment* (Gallina et al., 2016).

References

Apreda, C. (2016), "Climate change, urban vulnerability and adaptation strategies to pluvial flooding", *UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, n. 1(1), pp. 233-256.

Brooks, N. & Adger, W.N. (2004), "Assessing and enhancing adaptive capacity, Technical Paper 7.", in Lim, B. & Spanger-Siegfried, E. (eds), *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, New York: United Nations Development Programme and Cambridge University Press, New York, pp. 165-182.

Castellari, S. (2014), "Dal rischio climatico allo sviluppo: pianificazione politica, supporto scientifico e partecipazione. Alcune proposte.", available at: https://www.cmcc.it/it/politica-climatica/dal-rischio-allo-sviluppo-attraverso-pianificazione-politica-e-supporto-scientifico-2 (accessed 20 December 2019).

Ciurean, R.L., Schröter, D. & Glade, T. (2013), "Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessment for Natural Disasters Reduction", in Tiefenbacher, J. (ed), *Approaches to Disaster Management - Examining the Implications of Hazards, Emergencies and Disasters*, HR: InTech., Rijeka, pp. 3-32.

D'Ambrosio, V. (2016), "Conoscenza del sistema urbano e progetto ambientale climate adaptive", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. F. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean edizioni, Napoli, pp. 26-37.

EC European Commission (2010), *Risk assessment and mapping for disaster management*, Brussels.

Gallina, V., Torresan, S., Zabeo, A., Critto, A., Glade, T. & Marcomini, A. (2016), "A review of multi-risk methodologies for natural hazards: Consequences and challenges for a climate change impact assessment", *Journal of Environmental Management*, n. 168, pp. 123-132.

Gill, J. & Malamud, B. (2014), "Reviewing and visualizing the interaction of natural hazards.", *Rev. Geophys*, n. 52, pp. 680-772.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, in press.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge and New York.

Kappers, M., Glade, T. & Keiler, M. (2010), "From Single- to Multi-Hazard Risk analyses: a concept addressing emerging challenges", in *Mountain risks: bringing science to society,* proceedings of the international conference, Firenze, 24-26 November 2010, CERG Ed, pp. 351-356.

Kappes, M.S., Keiler, M., von Elverfeldt, K. & Glade, T. (2012), "Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review.", *Natural Hazards,* n. 64 (2), pp. 1925-1958.

Kelman, I. (2010), "Natural Disasters Do Not Exist (Natural Hazards Do Not Exist Either)." available at: http://www.ilankelman.org/miscellany/NaturalDisasters.doc (accessed 3 January 2020).

Landis, W.G. (2004), *Regional Scale Ecological Risk Assessment. Using the Relative Risk Model*, CRC Press.

Marotta, N. & Zirilli, O. (2015), *Disastri e catastrofi. Rischio, esposizione, vulnerabilità e resilienza*, Maggioli, Rimini.

Marzocchi, W., Mastellone, M.L. & Di Ruocco, A. (2009), *Principles of multi-risk assessment: interactions amongst natural and man-induced risk*s, European Commission.

Perriccioli, M. (2016), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli editori, Milano.

Pescaroli, G. & Alexander, D. (2018), "Understanding compound, interconnected, interacting and cascading risks: a holistic framework", *Risk Analysis,* n. 38(11), pp. 2245-2257.

Rigillo, M. (2016), "Rischio, vulnerabilità e resilienza nuovi paradigmi del progetto urbano", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. F. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean edizioni, Napoli, pp. 180-189.

UN United Nations (2015), *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.*

UNISDR (2009), *Terminology on Disaster Risk Reduction*.

WEF World Economic Forum (2016), *Global Risks Report del World Economic Forum*.

Wisner, B. (2016), "Vulnerability as Concept, Model, Metric and Tool", *Oxford Research Encyclopedia on Natural Hazard Science*, pp. 1-56.

Onda di calore
Heat Wave

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

L'onda di calore è definita come un periodo di tempo di almeno cinque giorni di caldo eccezionale e possibilmente umido, durante il quale la temperatura massima media viene superata di almeno 5 °C (Frich et al., 2002), in letteratura il fenomeno della *heat wave* è anche descritto con il termine "*warm spell*" definito come un periodo persistente di caldo eccezionale, con temperature massime che superano del 90 - 95% le temperature massime del periodo (Tmax).

L'onda di calore è una funzione dell'apporto di energia radiante dal sole, della temperatura dell'aria, dell'umidità e della velocità del vento (Fig. 1). Tramite questi parametri si può ricavare su base annuale: il numero e l'entità media degli eventi, la durata dell'evento più lungo, il giorno più caldo. Altri indici sviluppati per analizzare le onde di calore (Zwiers et al., 2013; Perkins, 2015) sono: numero di giorni con temperatura massima superiore a 25°C (SU *Summer days*); numero di giorni con temperatura minima superiore a 20°C (TR *Tropical nights*); WSDI



Fig. 1 - Ambiente urbano soggetto a onda di calore / *Urban environment subject to heat wave* (Source: https://phys.org/news/2017-08-unsuspecting-cities.html).

A heat wave is a period of exceptionally hot, and possibly humid weather, of at least five days during which the average maximum temperature is exceeded by at least 5° Celsius (Frich et al., 2002), in literature the phenomenon of heat wave is also described with the term "warm spell" defined as a persistent period of exceptional heat with maximum temperatures exceeding 90 - 95% the maximum temperatures of the period (Tmax).

Heat wave is a function of the delivery of radiant energy from the sun, air temperature, humidity and wind speed (Fig. 1). Through these parameters it can be derived on an annual basis: the number and the average entity of the events, the duration of the event longer, the hottest day. Other indices developed to analyze heat waves (Zwiers et al., 2013; Perkins, 2015) are: number of days with a maximum temperature above 25°C, (summer days SU); number of days with a minimum temperature above 20°C, (tropical nights TR); WSDI (Warm Spell Duration Index); HWMId (Heat Wave Magnitude Index in Extremes) (EEA, 2017).

Due to gloabl warming, the climate scientists have suggested that parts of the globe will experience 70° this century, making them virtually uninhabitable. Based on the HWMId index, Europe experienced 11 heat waves, including the most intense in 2003, 2006, 2007, 2010, 2014 and 2015 (Russo et al., 2015) (Fig. 2). The projections of the AR5 Fifht Assessment Report (IPCC, 2014) agree on the increase in frequency and magnitude of heat waves in all RCP (Representative Concentration Pathways) emission scenarios over the 21st century. Under the RCP8.5 scenario (high-emission scenario-business as usual), very extreme heat waves are expected to occur every two years in the second half of the 21st century and 90% of summers in Europe, in particular the southern and southeastern part, will be warmer than any summer in the period 1920-2014 (EEA, 2020) (Fig. 3).

In Italy the highest values were recorded in 2003 (with a heat wave of 45 days), and in 2011, 2015 and 2017 with values of anomalies close to 30 days (Ispra, 2018). The WMO (World Meteorological Organization) asserts that the period 2015-

2018 has registered the hottest four years since the temperature recordings were made (WMO, 2019) and of these 2018 is the hottest one, this is also found for Italy on a series historic since 1800 (Cnr-Isac, 2019) confirming the increase trend on a global scale (CMCC, 2017).

Future heating and urban expansion could lead to ever more extreme heat-stress. The increase in GMST (Global Mean Surface Temperature) reached 0.87°C in the period 2006-2015 compared to the pre-industrial 1850-1900. The latest IPCC Special Report (2018) sets as its objective to contain global warming within 1.5°C, or otherwise below the threshold of 2°C. Moreover in the 2018 Special Report, the IPCC states that, considering global warming to a threshold of 1.5°C by 2050 in urban areas, more than 550 million inhabitants would be exposed to deadly heat, with the attainment of the 2°C would arrive to the one billion people approximately (IPCC, 2018).

Today, the artificial system of the urban environment has characteristics that lead to an exacerbation of the impacts of heat wave: scarcity of areas with a natural character, high sealing indices, facades and roofing of buildings made with hot mate-

(Warm Spell Duration Index); HWMId (Heat Wave Magnitude Index in Extremes) (EEA, 2017).

A causa del riscaldamento globale, i climatologi hanno indicato che in questo secolo alcune aree del globo sperimenteranno picchi di 70 °C, i quali le renderanno presumibilmente inabitabili. Sulla base dell'indice HWMId l'Europa ha vissuto 11 ondate di calore, tra cui le più intense nel 2003, 2006, 2007, 2010, 2014 e 2015 (Russo et al., 2015) (Fig.2). Le proiezioni dell'AR5 *Fifht Assessment Report* (IPCC, 2014) concordano sull'aumento, nel corso del XXI secolo, della frequenza e dell'entità delle onde di calore in tutti gli scenari di emissioni RCP (*Representative Concentration Pathways*). Nell'ambito dello scenario RCP8.5 (scenario ad alte emissioni *business as usual*), si prevede che ondate di calore estreme si verificheranno ogni due anni nella seconda metà del XXI secolo e il 90% delle estati in Europa, in particolare nella parte meridionale e sudorientale, sarà più caldo di qualsiasi estate nel periodo 1920-2014 (EEA, 2020) (Fig.3).

In Italia i valori più elevati si sono registrati nel 2003 (con un'ondata di calore di 45 giorni), e nel 2011, 2015 e 2017 con valori delle anomalie prossimi ai 30 giorni (Ispra, 2018). Il WMO (*World Meteorological Organization*) riporta che il periodo 2015-2018 ha registrato i quattro anni più caldi da quando si effettuano le registrazioni delle temperature (WMO, 2019) e di questi il 2018 è il più caldo, questo viene affermato anche per l'Italia su una serie storica a partire dal 1800 (Cnr-Isac, 2019)



Fig. 2 - Spazio pubblico urbano in estate / *Urban public spaces in summer* (Source: http://www.ox.ac.uk/news/2019-08-02-european-heatwave-made-100-times-more-likely-due-climate-change).

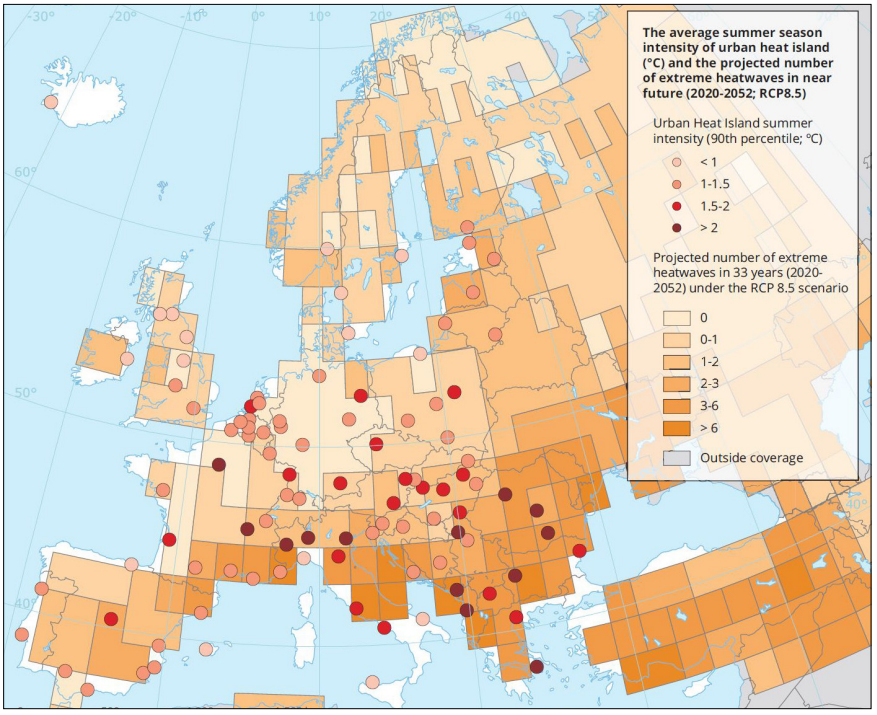


Fig. 3 - Intensità dell'Isola di calore (UHI) nella stagione estiva (°C) e la proiezione del numero di onde di calore estreme nel prossimo futuro (2020-2052; RCP 8.5) / *The summer season intensity of urban heat islands (UHIs) (°C) and the projected number of extreme heatwaves in the near future (2020-2052; RCP 8.5)* (Source: EEA, 2020).

confermando il *trend* di incremento a scala globale (CMCC, 2017).

Il riscaldamento futuro e l'espansione urbana potrebbero portare a *heat-stress* sempre più estremo. L'aumento della GMST (*Global Mean Surface Temperature*) ha raggiunto 0,87°C nel periodo 2006-2015 rispetto a quello preindustriale 1850-1900. L'ultimo Report speciale dell'IPCC (2018) pone come obiettivo quello di contenere entro 1,5 °C il *Global warming*, o comunque al di sotto della soglia dei 2 °C. Nello *Special Report* del 2018 l'IPCC afferma inoltre che, considerando il *Global warming* entro la soglia di 1,5°C, entro il 2050 nelle aree urbane risulterebbero esposti a calore mortale più di 550 milioni di abitanti, con il raggiungimento dei 2°C si arriverebbe al miliardo di persone circa (IPCC, 2018).

Il sistema costruito dell'ambiente urbano presenta oggi caratteristiche che determinano un inasprimento degli impatti dell'*heat wave*: scarsità di aree con carattere naturale, elevati indici di impermeabilizzazione, facciate e coperture degli edifici realizzati con *hot materials* che accumulano e liberano calore che si aggiunge a quello proveniente dal traffico, dall'industria e dagli impianti di climatizzazione (EEA, 2020) (Fig. 4).

L'albedo, definita come il rapporto tra le radiazioni riflesse diffusamente dall'atmosfera e il totale delle radiazioni ricevute da una superficie, rappresenta la caratteristica termo-fisica più incisiva delle superfici. L'asfalto fresco, ad esempio, ha un'albedo che è 20 volte inferiore a quella della neve.

Le caratteristiche dell'ambiente antropico (Fig. 5) causano, inoltre, il fenomeno

rials that accumulate and release heat that adds to that coming from traffic, industry and air conditioning (EEA, 2020) (Fig. 4).

The albedo represents the most incisive thermo-physical characteristic of the surfaces, defined as the relationship between the reflected radiation diffusely from the atmosphere and the total radiation received from a surface. Fresh asphalt, for example, has a 20 times lower albedo than snow. The characteristics of the anthropic environment (Fig. 5) also cause the phenomenon of UHI (Urban Heat Island) particularly intense at night due to the ability of the buildings to give up the heat accumulated during the day, leading to average temperature differences of even 5-10 °C of urban centers compared to the surrounding rural areas, where the presence of vegetation allows to absorb and disperse heat (Santamouris, 2013). The phenomenon is exacerbated also by the particular structure of many urban agglomerations (e.g. urban canyons) which reduces convective motion, ventilation, and thus also the ability to disperse heat in relation to the open natural areas, with an increase in perceived temperature.

Heat waves are associated with a decline in the general

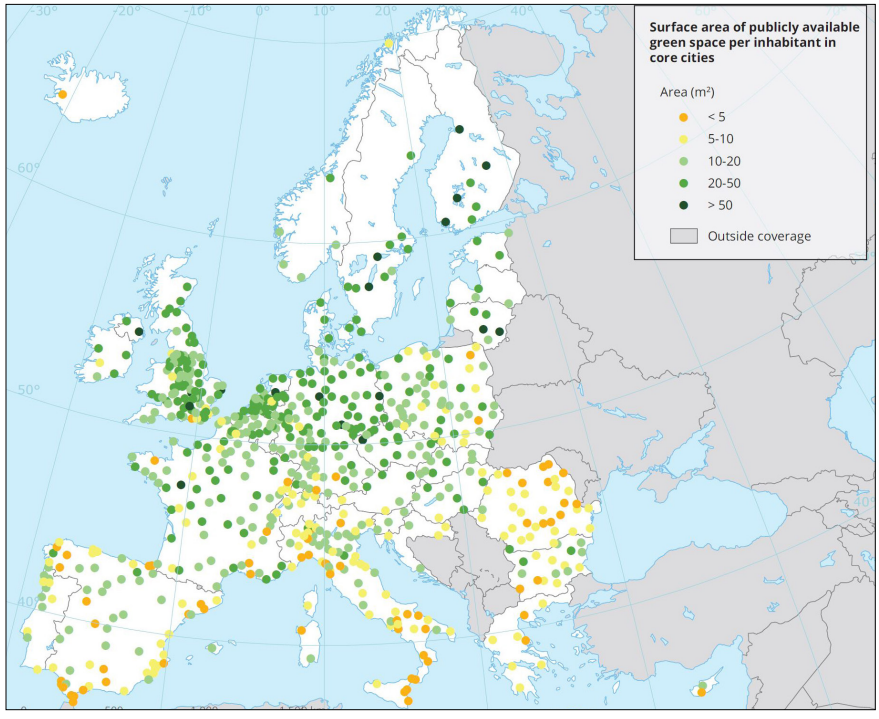


Fig. 4 - Superficie di aree verdi pubbliche disponibile per ogni abitante nelle principali città, l'intervallo si muove tra < 5 m² e > 50 m² / *Surface area of publicly available green space per inhabitant in core cities, range moves between < 5 m² and > 50 m²* (Source: EEA, 2020).



Fig. 5 - Fonti di calore che contribuiscono all'effetto dell'UHI / *Heat sources contributing to the UHI effect* (Source: https://www.zerosottozero.it/2019/04/30/banca-mondiale-programma-per-il-freddo-sostenibile/).

well-being of the population and an increase in mortality and morbidity. Particularly vulnerable are elderly people with physiological difficulties to adapt to hot weather conditions, children and people living in disadvantaged economic conditions are particularly vulnerable, but also workers exposed for a long time to high temperatures (Gaudioso et al., 2014). The relevance of such impacts has been widely documented during the heat wave of 2003, n which in Europe were estimated more than 70.000 deaths in excess of mortality standard. (EEA, 2017; CMCC, 2017).

Within the multi-hazard risk assessment approach it is necessary to consider that heat waves, especially in the peripheral areas of cities, increase the risks and impacts of fires, especially if hot and dry winds blow and there is a high load of incendiary material. An additional effect is water deficiency, because dry soil reduces evaporative cooling, or the increase in frequency and intensity of heavy rainfall events (including hail) because the warmer air can contain more water (EEA, 2017).

dell'UHI (Urban Heat Island), particolarmente intenso nel periodo notturno a causa della capacità degli edifici di cedere in modo differito il calore accumulato durante il giorno, portando a differenze di temperature medie anche di 5-10 °C dei centri urbani rispetto alle aree rurali circostanti, dove la presenza della vegetazione consente di assorbire e disperdere il calore (Santamouris, 2013). Il fenomeno è esasperato anche dalla particolare struttura di molti agglomerati urbani (es. *canyon* urbani) che riduce i moti convettivi, la ventilazione, e quindi anche la capacità di disperdere calore rispetto alle aree naturali aperte, con un aumento della temperatura percepita.

Le ondate di calore sono associate alla diminuzione del benessere generale della popolazione e all'aumento della mortalità e della morbilità. Particolarmente vulnerabili sono gli anziani, con difficoltà fisiologiche ad adattarsi alle condizioni di caldo, i bambini e le persone che vivono in condizioni economiche svantaggiate, ma anche i lavoratori esposti per molto tempo alle alte temperature (Gaudioso et al., 2014). La rilevanza di tali impatti è stata ampiamente documentata durante l'ondata di calore del 2003, in cui in Europa sono stati stimati più di 70.000 decessi in eccesso rispetto alla mortalità standard (EEA, 2017; CMCC, 2017).

All'interno dell'approccio *multi-hazard risk assessment* risulta necessario considerare che le ondate di calore, in particolar modo nelle aree periferiche delle città, aumentano i rischi e gli impatti degli incendi, soprattutto se soffiano venti caldi e asciutti ed è presente un elevato carico di materiale incendiabile. Un ulteriore effetto è la carenza di acqua, poiché il suolo secco riduce il raffreddamento evaporativo, oppure l'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi di *heavy rainfall* (tra cui grandinate), perché l'aria più calda può contenere una maggiore quantità di acqua (EEA, 2017).

References

CMCC Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC*.

Cnr-Isac Centro Nazionale delle Ricerche-Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (2019), Banca dati Cnr-Isac "Climate monitoring for Italy", available at: http://www.isac.cnr.it/climstor/climate_news.html (accessed 11 December 2019).

EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change,* Report No 15/2020.

EEA European Environment Agency (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report*, Report No 1/2017.

Frich, A., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A.M.G.K. & Peterson, T. (2002), "Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century.", *Climate Research*, n. 19, pp. 193-212.

Gaudioso, D., Giordano, F., Taurino, E. & Sansoni, M. (2014), *Focus su Le città e la sfida ai cambiamenti climatici - Qualità dell'ambiente urbano*. *X Rapporto – Edizione 2014*, ISPRA stituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, in press.

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2018), *Gli indicatori del clima in Italia nel 2017, Stato dell'Ambiente 80/2018*.

Perkins, S. E. (2015), "A review on the scientific understanding of heatwaves - Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale", *Atmospheric Research,* n.164-165, pp. 42-267.

Russo, S., Sillmann, J. & Fischer, E. M. (2015), "Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades", *Environmental Research Letters,* n. 10, pp. 1-15.

Santamouris, M. (2013), *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, Routledge, Abingdon-on-Thames, UK.

WMO World Metereological Organization (2019), *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018*, Chairperson, Publications Board, Geneva.

Zwiers, F. W., Alexander, L. V., Hegerl, G. C., Knutson, T. R., Kossin, J. P., Naveau, P., Nicholls, N., Schär, C., Seneviratne, S. I. & Zhang, X. (2013), "Climate extremes: Challenges in estimating and inderstanding recent changes in the frequency and Intensity of extreme climate and weather events", in Asrar, G. R. and Hurrell, J. W. (eds), *Climate science for serving society*, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 339–389.

Pluvial Flooding

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

Numerosi studi condotti a livello nazionale e internazionale sulla possibile evoluzione del regime pluviometrico nelle aree euro-mediterranee restituiscono un quadro di progressivo incremento dei valori di intensità (EEA, 2017), ciò concorre alla formazione di eventi di *pluvial flooding*, un fenomeno tipicamente urbano, causato da intensi e/o prolungati eventi meteorici che generano elevati volumi di deflusso superficiale (*runoff*) eccedenti la portata dei sistemi di drenaggio (Ochoa-Rodríguez et al., 2013). Il *pluvial flooding* è solitamente associato ad eventi piovosi estremi (>20-25 mm/h), ma può verificarsi anche con precipitazioni meno intense (10 mm/h) laddove si presentino elevati gradi di impermeabilità del suolo (Maksimovic & Saul, 2015).

Attualmente esistono differenti opinioni relative alla sua formazione, generata solo dal deflusso diretto e da ristagni superficiali derivanti dalle acque meteoriche (Parker et al., 2011) o anche dal deflusso indiretto provocato da fognature e corsi d'acqua minori la cui capacità è stata superata in seguito all'evento estremo (Schmitt et al., 2004). Il secondo approccio è quello più adottato, assumendo la denominazione di *surface water flooding* per indicare fenomeni di allagamento risultanti da deflussi diretti (*pluvial flooding*) e indiretti (*flash flooding*, *sewer flooding*, *groundwater flooding*) (Pitt, 2008). Le cause principali del fenomeno in ambito urbano vanno ricercate nella presenza di superfici impermeabili, di reti di drenaggio urbano insufficienti, di spazi aperti e strade caratterizzati da elevate pendenze e nella realizzazione di opere di canalizzazione e di interventi di restrizione dei canali esistenti, oltre che nel mancato riutilizzo delle acque meteoriche e reflue opportunamente trattate. Ciò provoca impatti quali ristagni superficiali, esondazione delle fognature, velocità elevate dei flussi di scorrimento (Houston et al., 2011).

Nella prospettiva MHRA si evidenzia che il *runoff* urbano genera impatti legati alla mobilizzazione e al trasporto di inquinanti presenti sulle superfici stradali ed eventuali altre sostanze presenti in siti di stoccaggio industriale. I tassi di sensitività variano a seconda sia della componente fisica, ossia il modo in cui residenze, servizi, aree produttive e infrastrutture sono disposte, che della componente sociale, cioè età della popolazione, accessibilità ai servizi, situazione di marginalità etc.

Le conseguenze sempre più allarmanti del fenomeno del *pluvial flooding* rendono necessarie appropriate misure di adattamento, che devono essere focalizzate principalmente sull'incremento della permeabilità dei suoli e sulla realizzazione di sistemi di raccolta e riuso locale delle acque piovane, al fine di ridurre il carico gravante sul sistema fognario, decentralizzando quanto più possibile lo smaltimento delle acque di deflusso (Apreda, 2017).

Pluvial flooding ha colpito milioni di persone in Europa dal 2000 e, comportando l'interruzione dei servizi, compresi i servizi sanitari, dell'approvvigionamento

Numerous studies conducted at national and international level on the possible evolution of the rainfall regime in Euro-Mediterranean areas give a picture of a progressive increase in intensity values (EEA, 2017), this contributes to the formation of pluvial flooding events, a typically urban phenomenon, caused by intense and/or prolonged precipitation events that generate high volumes of surface runoff exceeding the flow rate of drainage systems (Ochoa-Rodríguez et al., 2013). Pluvial flooding is usually associated with extreme rainfall events (>20-25 mm/h), but can also occur with less intense rainfall (10 mm/h) where high levels of soil waterproofing occur (Maksimovic & Saul, 2015).

Currently there are different opinions about its formation, generated only by direct outflow and surface stagnation fro precipitation (Parker et al., 2011) or also by indirect outflow from smaller sewers and streams whose capacity has been exceeded as a result of the extreme event (Schmitt et al., 2004). The second approach is the most used, taking the name surface water flooding to indicate flooding phenomena resulting from direct (pluvial flooding) and indirect outflows (flash flooding, sewer flooding, groundwater flooding) (Pitt, 2008). The main causes of the phenomenon in urban environment are to be found in the presence of impermeable surfaces, insufficient urban drainage networks, of open spaces and roads characterized by high gradients and in the realization of canalization works and interventions to restrict the existing channels, as well as in the failure to reuse properly treated rainwater and waste water. This causes impacts such as surface stagnation, drainage flooding, high flow rates (Houston et al., 2011).

In the MHRA perspective it is noted that the urban runoff generates impacts related to the mobilization and transport of pollutants present on road surfaces and any other substances present in industrial storage sites. Sensitivity rates vary according to both the physical component, namely the way in which residences, services, productive areas and infrastructure are arranged, and the social component, namely age of the population, accessibility to services, situation of marginality etc.

The increasingly alarming consequences of flooding make

appropriate adaptation measures necessary, which must focus mainly on increasing soil permeability and building local rainwater collection and reuse systems in order to reduce the load on the sewage system, decentralising waste water disposal as far as possible (Apreda, 2017).

Pluvial flooding has affected millions of people in Europe since 2000, provoking discontinuation of services, including health, water and transport services, plays an important role in vulnerability.

Parts of Central Europe received more than 40 mm in a 1-hour period (EEA, 2020), some stations recorded more than 200 mm, close to the average monthly rainfall level based on historical datasets for 1951–2012 (EEA, 2017) (Fig. 1). In Italy, the indicators for the number of days with daily precipitation of more than 20 mm and 95° show an almost generalized tendency to increase for virtually all the climatic macroregions of the Peninsula. Taking as a reference the five years 2011-2016, we cite Genova with extreme events in 2011 and 2014, during which there were 20 victims and damages for tens of millions of euros, Olbia in 2013 with 17 victims, Milan, Noto and Veneto areas in 2014 and 2016. New records were observed in 2018 in Livorno with 250 mm of rain fallen in 3 hours and in Genova in 2019 with 480 mm of rain in 12 hours (Osservatorio Cittàclima, 2019).

The man believed he could break free from the symbiotic relationship between waterways and cities when engineering solutions offered alternative and seemingly more efficient ways to meet the growing supply needs of drinking water and waste disposal (Moccia & Sgobbo, 2016). Urban surfaces are designed to dispose of rainwater in two main ways: direct infiltration into permeable soils and the channelling of surface runoff into collecting water networks. When the intensity of the rain event is greater than the capacity of soil infiltration and the capacity of the nets, the water moves by gravity on the surface at a speed determined by the amount of water collected and the slope of the surfaces. The capacity of the urban system to cope with exceptional events therefore depends on the percentage of permeable surfaces available and the sizing of the networks, as well as the efficiency of the networks in operation. In extra-urban areas, where permeable surfaces prevail, the excess water moves by runoff, whose flow rate is equal to the difference between the flow of rain water and the infiltration capacity of the soil.

In the city today many factors determine the need to dispose of increasing volumes of waste water. First of all, the expansion of the waterproofed area on the sewerage system would also have to bear the quantities that, conversely, would have directly infiltrated the soil. But the waterproofing and urban expansion also have effects on the runoff time, defined as the time it takes

idrico e dei trasporti, con un ruolo importante nella valutazione della vulnerabilità.

Parti dell'Europa centrale hanno ricevuto più di 40 mm in un periodo di 1 ora (EEA, 2020), alcune stazioni hanno registrato oltre 200 mm in meno di 6 ore, vicino al livello medio mensile di precipitazioni basato su dataset storici per il 1951–2012 (EEA, 2017) (Fig. 1). In Italia gli indicatori relativi al numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm/h e al 95° percentile della precipitazione mostrano una tendenza quasi generalizzata all'aumento per praticamente tutte le macroregioni climatiche della Penisola. Prendendo a riferimento il quinquennio 2011-2016, si cita il caso di Genova con eventi estremi nel 2011 e 2014, durante i quali si sono registrate 20 vittime e danni per decine di milioni di euro, di Olbia nel 2013 con 17 vittime, e quelli di Milano, Noto e zone del Veneto nel 2014 e 2016. Nuovi record sono stati registrati nel 2018 a Livorno con 250 mm di pioggia caduti in 3 ore e a Genova nel 2019 con 480 mm di pioggia in 12 ore (Osservatorio Cittàclima, 2019).

L'uomo ha creduto di potersi affrancare dal rapporto simbiotico tra corsi d'acqua e città quando le soluzioni ingegneristiche hanno offerto modi alternativi e apparentemente più efficienti di soddisfare le crescenti esigenze di approvvigionamento di acqua potabile e di smaltimento dei reflui (Moccia & Sgobbo, 2016). Le superfici urbane sono progettate per smaltire le acque piovane attraverso due modalità principali: l'infiltrazione diretta nei suoli permeabili e la canalizzazione del deflusso superficiale (*runoff*) nelle reti idriche di raccolta. Quando l'intensità dell'evento di pioggia è superiore alla capacità di infiltrazione del suolo ed alla portata delle reti, l'acqua si muove per gravità sulla superficie con una velocità determinata dalla quantità di acqua raccolta e dalla pendenza delle superfici. La capacità del sistema urbano di far fronte ad eventi eccezionali dipende quindi dalla percentuale di superfici permeabili

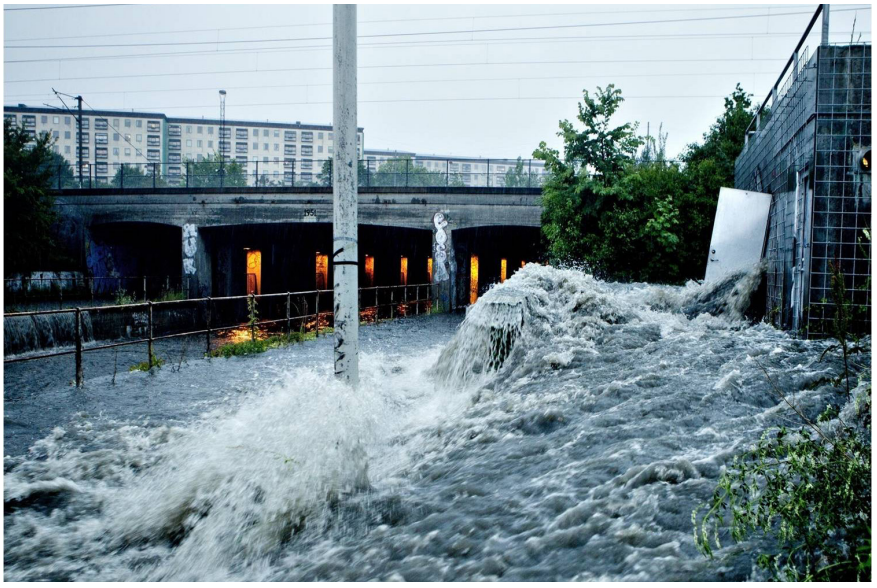


Fig. 1 - Inondazione a Copenhagen nel 2011, una pioggia estrema raggiunse 135 mm in un'ora e mezzo, portando al Piano di Adattamento / *Flooding in Copenhagen in 2011, extreme rain reached 135 mm in an hour and a half, leading to the Adaptation Plan* (Source: https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf).

disponibili e dal dimensionamento delle reti, nonché dall'efficienza in esercizio di queste ultime. Nelle aree extraurbane, laddove prevalgono le superfici permeabili, l'acqua in eccesso si muove per ruscellamento, la cui portata è pari alla differenza tra la portata dell'acqua di pioggia e la capacità di infiltrazione del suolo.

In città oggi numerosi fattori determinano la necessità di smaltire volumi crescenti di acque reflue. In primo luogo l'ampliamento dell'area impermeabilizzata carica sulla rete fognaria l'onere di sopportare anche le quantità che, viceversa, si sarebbero direttamente infiltrate nel suolo. Ma l'impermeabilizzazione e l'espansione urbana hanno effetti anche sul tempo di corrivazione, definito come il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame (Shuster et al., 2005), le superfici impervie, infatti, in ragione della intrinseca maggior scorrevolezza sono percorse dall'acqua, a parità di condizioni, con velocità nettamente superiori (Fig. 2).

Il criterio tradizionale con cui si affronta la crescita del fabbisogno di smaltimento è quello degli interventi *end of pipe* basati sul potenziamento della rete fognaria con incremento della capacità delle condotte esistenti e realizzazione di nuovi collettori. Tuttavia, queste soluzioni sono intrinsecamente inefficienti, sia per la rapida crescita delle esigenze (Schumann, 2011), sia per i costi di implementazione e la lentezza del processo decisionale e realizzativo (Moccia & Sgobbo, 2016). Ciò conduce gli studiosi e poche lungimiranti amministrazioni a provare un approccio innovativo per affrontare il rischio del *pluvial flooding* essenzialmente basato sull'integrazione di infrastrutture verdi a scala urbana (Mguni et al., 2015; Ellis, 2013) che, al contempo, richiedono un'adeguata gestione per prevenire i rischi di inquinamento del suolo (Pitt, 2008), si cita a tal proposito il concetto cinese di

for the general raindrop falling at the farthest point hydraulically to reach the closing section of the catchment (Shuster et al., 2005), in fact, because of the intrinsic greater smoothness are travelled by the water, under the same conditions, with much higher speeds (Fig. 2).

The traditional parameter for dealing with the increase in disposal needs is that of the end-of-pipe interventions based on the upgrading of the sewage system with increasing the capacity of existing pipelines and the construction of new collectors. However these solutions are inherently inefficient, both for the rapid growth of needs (Schumann, 2011), and for the implementation costs and the slowness of the decision-making and implementation process (Moccia & Sgobbo, 2016).

This leads scholars and few forward-looking administrations to try an innovative approach to addressing the risk of pluvial flooding essentially based on the integration of green infrastructures at urban scale (Mguni et al., 2015; Ellis, 2013) which, however, require adequate management to prevent soil pollution risks (Pitt, 2008) is mentioned in this regard the Chinese concept of sponge cities (Jiang et al., 2018). Furthermore, it is clear that a deep knowledge of the phenomena and characteristics affecting flooding events on an urban scale is necessary (Fig. 3). To this end, also thanks to the use of gis-based tools, numerous predictive models have developed aimed at determi-

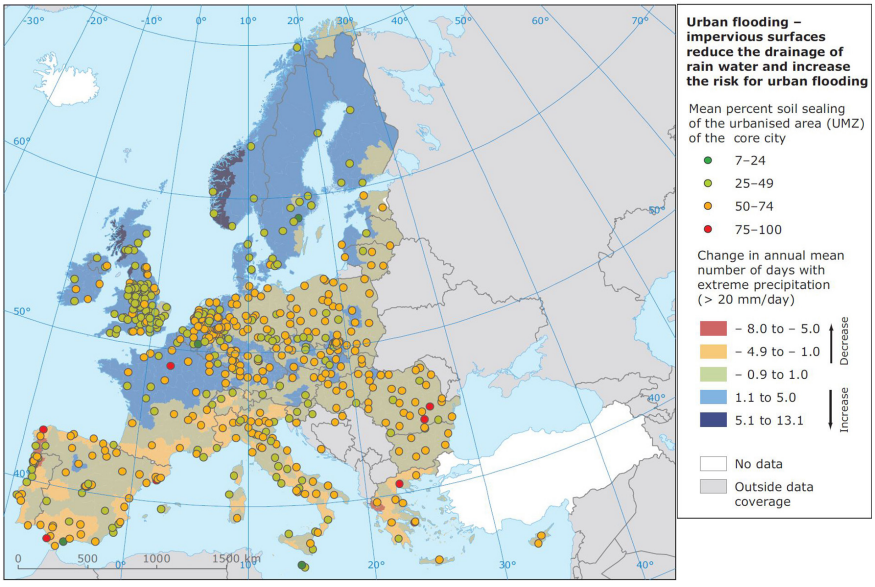


Fig. 2 - Correlazione tra la percentuale di aree impermeabili nelle città e il rischio di inondazioni urbane nei paesi membri dell'UE / *Correlation between the percentage of impermeable areas in cities and the risk of urban flooding in EU Member States* (Source: EEA, 2012).

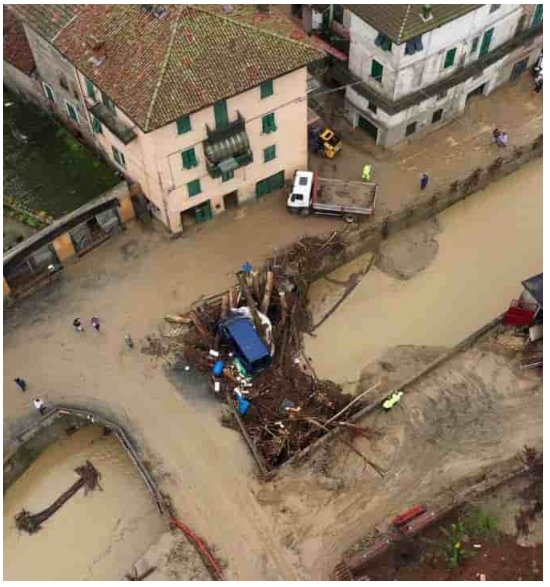


Fig. 3 - Conseguenze degli eventi di precipitazioni estreme nelle aree urbane in Italia / *Consequences of extreme rainfall events in urban areas in Italy* (Source: https://cittaclima.it/).

ning the extent and place of potential urban flooding (D'Ambrosio & Leone, 2015).

The hazard assessment through the simulation of the flooding pluvial phenomenon returns maps providing a flood hazard index, the FHR (Flood Hazard Rating) and thus delimit flood-prone areas according to different event scenarios, corresponding to different probabilities of occurrence (D'Ambrosio & Leone, 2015). The hazard maps thus developed can be used both as a support to the comprehension of the phenomenon by the community through the provision of information systems, either as vulnerability maps in the assessment of climate impact scenarios, representing a basic knowledge base for the identification of priority areas of intervention and for the development of appropriate strategies to reduce impacts by the competent institutional bodies operating in the territory (e.g. Municipal Administration, Basin Authority, Civil Protection).

sponge cities (Jiang et al., 2018). Inoltre, risulta evidente la necessità di una conoscenza approfondita dei fenomeni e delle caratteristiche che influenzano gli eventi di allagamento a scala urbana (Fig. 3). A tale scopo, anche grazie all'uso di strumenti *gis-based*, si sono sviluppati numerosi modelli predittivi volti a determinare entità e luogo dei potenziali allagamenti urbani (D'Ambrosio & Leone, 2015).

La valutazione della pericolosità attraverso la simulazione del fenomeno *pluvial flooding* restituisce mappe che forniscono un indice di pericolo da allagamento, il FHR (Flood Hazard Rating) e delimitano così aree suscettibili di allagamento secondo diversi scenari di evento, corrispondenti a differenti probabilità di accadimento (D'Ambrosio & Leone, 2015). Le mappe di pericolosità così elaborate possono essere utilizzate sia come supporto alla comprensione del fenomeno da parte della comunità mediante la predisposizione di sistemi informativi, sia come mappe di vulnerabilità nella valutazione di scenari di impatto climatico, rappresentando una base di conoscenza fondamentale per l'individuazione di aree prioritarie di intervento e per l'elaborazione di opportune strategie di riduzione degli impatti da parte degli enti istituzionali competenti operanti sul territorio (ad es. Amministrazione comunale, Autorità di bacino, Protezione civile).

References

Apreda, C. (2017), "Climate change impacts on urban system. Flood hazard mapping in neapolitan areas", *Officine Trimestrale di Architettura e Tecnologia*, n. 17, pp. 26-32.

D'Ambrosio, V. & Leone, M.F. (2015), "Climate change risks and environmental design for resilient urban regeneration. Napoli Est pilot case", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 10, pp. 130-140.

EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, Report No 15/2020.

EEA European Environment Agency (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report,* Report No 1/2017.

EEA European Environment Agency (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*, Report No 2/2012.

Ellis, J. B. (2013), "Sustainable surface water management and green infrastructure in UK urban catchment planning", *Journal of Environmental Planning and Management*, n. 56(1), pp. 24-41.

Houston, D., Werritt, A., Bassett, D., Geddes, A., Hoolacha, A. & McMillan, M. (2011), *Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard,* Joseph Rowntree Foundation, York.

Jiang, Y., Zevenbergen, C. & Ma, Y. (2018), "Urban pluvial flooding and stormwater management: a contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy", *Environmental Science and Policy*, n. 80, pp. 132-143.

Maksimovic, C. & Saul, A. (2015), *Urban Pluvial and Coincidental Flooding*, IWA Publishing, Londra.

Mguni, P., Herslund, L. & Jensen M.B. (2015), "Green infrastructure for flood-risk management in Dar es Salaam and Copenhagen: exploring the potential for transitions towards sustainable urban water management", *Water Policy*, n. 17(1), pp. 126-142.

Moccia, F. D. & Sgobbo, A. (2016), "Resilienza urbana e pluvial flooding: lo studio predittivo del comportamento idraulico urbano", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. F. (eds) *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza*, Clean edizioni, Napoli, pp. 136-145.

Ochoa-Rodríguez, S., Onof, C., Maksimović, Č., Wang, L.-P., Willems, P., Van Assel, J., Gires, A., Ichiba, A., Bruni ,G. & ten Veldhuis, M.-C. (2013), *Urban pluvial flood modelling: current theory and practice,* available at: http://www.raingain.eu/sites/default/files/wp3_review_document.pdf (accessed 12 January 2020).

Osservatorio Cittàclima (2019), *Il clima è già cambiato. Rapporto 2019 dell'Osservatorio di Legambiente Cittàclima.*

Parker, D. J., Priest, S. J. & McCarthy, S. S. (2011), "Surface water flood warnings requirements and potential in England and Wales.", *Applied Geography*, n. 31(3), pp. 891-900.

Pitt, M. (2008), *The Pitt Review: Learning lessons from the 2007 floods*, Cabinet Office, London.

Schmitt, T., Thoma, M. & Ettrich, N. (2004), "Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems", *Journal of Hydrology*, n. 299, pp. 300-311.

Schumann, A.H. (2011), *Flood Risk Assessment and Management: How to Specify Hydrological Loads. Their Consequences and Uncertainties*, Springer, London.

Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E. & Smith D. R. (2005), "Impacts of impervious surface on watershed hydrology: a review", *Urban Water Journal*, n. 2(4), pp. 263-275.

Disaster Risk

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) definisce un disastro come «gravi alterazioni del normale funzionamento di una comunità o di una società dovute a eventi fisici pericolosi che interagiscono con condizioni sociali vulnerabili, comportando diffusi effetti negativi sull'uomo, sui materiali, sull'economia o sull'ambiente che richiedono una risposta immediata alle emergenze per soddisfare bisogni umani critici che possono richiedere un sostegno esterno per la ripresa» (IPCC, 2018).

Generalmente, le catastrofi comportano un elevato o significativo numero di vittime e feriti, una distruzione generalizzata e una prolungata interruzione delle attività ordinarie. Il recupero a seguito di grandi disastri può richiedere anni o decenni. Il potenziale della catastrofe dipende in gran parte dalla vulnerabilità delle popolazioni, delle strutture, delle infrastrutture e dei mezzi di sussistenza e dal loro grado di esposizione ai pericoli. Non esiste una soglia quantitativa riconosciuta che stabilisce i decessi, i danni o i costi per i quali un semplice incidente diventa un disastro. Allo stesso modo, al limite più estremo, non c'è una soglia che divida un disastro da una catastrofe (Comfort, 2005).

I disastri possono essere causati da agenti naturali, tecnologici, sociali o intenzionali, ma molti derivano da una combinazione di fattori. La complessità della società moderna comporta che molti disastri siano eventi a cascata, in cui un fattore scatenante porta al susseguirsi di una catena di conseguenze, e forse anche al determinarsi di nuove fonti di disastro. L'interazione di diverse fonti di vulnerabilità può creare picchi di *escalation*, dai quali i disastri a cascata propagano la loro influenza.

La Commissione europea ha da tempo adottato la linea guida *Risk assessment and mapping for disaster management* (EC, 2010) che assume una prospettiva *multi-hazard* e *multi-risk*. L'obiettivo è quello di considerare gli "effetti a cascata", in cui un pericolo ne innesca un altro. A volte si chiamano "effetti secondari"o, come nel caso di un'alluvione che provoca un incidente industriale, 'catastrofi secondarie' (Pescaroli & Alexander, 2015).

Le sfide metodologiche di una valutazione del rischio MHRA (Multi Hazards Risk Assessment) sono numerose, soprattutto quando si tratta di contabilizzare i danni causati. Quantificare le interazioni dei rischi è particolarmente difficile nel caso dei cambiamenti climatici, dove le probabilità di eventi stanno cambiando su percorsi temporali diversi (EEA, 2017).

La maggior parte delle fonti di catastrofi sono ripetitive e molte di quelle che derivano da fattori meteorologici sono cicliche. Il rischio di catastrofi è quindi spesso caratterizzato dal modello "*disaster cycle*" in cui esistono cinque fasi: miti-

The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) defines a disaster as «Severe alterations in the normal functioning of a community or a society due to hazardous physical events interacting with vulnerable social conditions, leading to widespread adverse human, material, economic or environmental effects that require immediate emergency response to satisfy critical human needs and that may require external support for recovery» (IPCC, 2018).

Typically, disasters involve significant or high tolls of deaths and injuries, widespread destruction, and prolonged interruption of normal activities. Recovery from major disasters can take years or decades. Disaster potential is largely a function of the vulnerability of populations, structures, infrastructure and livelihoods and their degree of exposure to hazards. There is no undisputed quantitative threshold for deaths, damage or cost at which a mere incident becomes a disaster. Likewise, at the more extreme end there is no threshold that divides a disaster from a catastrophe (Comfort, 2005).

Disasters can be caused by natural, technological, social or intentional agencies, but many result from a combination of factors. The complexity of modern society means that many disasters are cascading events, in which a triggering event leads to a chain of consequences, possibly including new sources of disaster. The interaction of different sources of vulnerability can create escalation points, from which cascading disasters propagate their influence.

The European Commission has long adopted the Risk Assessment and Mapping for Disaster Management Guideline (EC, 2010), which takes a multi-hazard and multi-risk perspective. The goal is to consider the "cascade effects", where one danger triggers another. Sometimes they are called 'secondary effects' or, as in the case of a flood that causes an industrial accident, "secondary disasters" (Pescaroli & Alexander, 2015).

The methodological challenges of MHRA (Multi Hazard Risk Assessment) are numerous, especially when it comes to accounting for the damage caused. Quantifying risk interactions is particularly difficult in the case of climate change, where the probabi-

lities of events are changing over different time paths (EEA, 2017).

Most sources of disaster are repetitive, and many of those that stem from meteorological factors are cyclical. Disaster risk is therefore often characterised by the "disaster cycle" model, in which there are five phases: mitigation, prepardness, emergency response, recovery and reconstruction.

The model has been criticised on the grounds that not all disasters repeat themselves, let alone on a cyclical basis, the phases are not necessarily entirely sequential, and the relative importance of the phases is highly variable from one case to another (Fig. 1).

Disaster risk management

Disaster risk management involves preparing for, responding to, recovering from and preventing or reducing the impact of disaster. DRM (Disaster Risk Management), also known as DRR (Disaster Risk Reduction), is practised by governments and communities alike as they endeavour to make society resilient (Lin, 2018). The IPCC (2018) defines it as «Processes for designing, implementing, and evaluating strategies, policies, and measures to improve the understanding of disaster risk, foster disaster risk reduction and transfer, and promote continuous improvement in disaster preparedness, response, and recovery practices, with the explicit purpose of increasing human security, well-being, quality of life, and sustainable development».

It interfaces with climate change adaptation. A major goal of DRR is to shift the dominant emphasis from responding to disasters to reducing their impacts by prior preparedness. This is difficult because, in effect, resources cannot be subtracted from the response phase in order to devote them to mitigation.

The complementarity between DRR (Disaster Risk Reduction) and CCA (Climate Change Adaptation) is crucial to the adaptation of cities to climate change. Although with different origins, the two processes have common aspects (Fig. 2): both have the objective of reducing vulnerability to extreme climatic events by strengthening the resilience of society or specific sectors of the urban environment in order to prevent and address the impacts of such disasters, also use similar tools to monitor, analyse and evaluate disasters and impacts (Fig. 3). However, there are also differences: the implementation of adaptation to climate change has only begun in the last decade and deals exclusively with disasters due to climate-related hazards such as flooding, drought and heat waves, while the DRR has much longer experience, not only directed at disasters caused by extreme weather events. In addition, adaptation measures require a longer-term approach to address long-term impacts and to take into account their potential change over time, the DRR measures, on the contrary, are based on a short-term approach.

gazione, preparazione, risposta emergenziale, recupero e ricostruzione.

Il modello è stato tuttavia criticato per il fatto che non tutte le catastrofi si ripetono, non tutte presentano un carattere ciclico, non necessariamente le fasi sono completamente sequenziali, e l'importanza relativa delle fasi è molto variabile da un caso all'altro (Fig. 1).

Disaster risk management

La gestione del rischio dei disastri implica la preparazione, la risposta, il recupero e la prevenzione o la riduzione dell'impatto del disastro. Il DRM (Disaster Risk Management), noto anche come la riduzione del rischio dei disastri DRR (Disaster Risk Reduction), è praticato da governi e comunità allo stesso modo in quanto questi si sforzano di rendere la società resiliente (Lin, 2018). L'IPCC (2018) lo definisce come «Processi di progettazione, attuazione e valutazione di strategie, politiche e misure per migliorare la comprensione del rischio di catastrofi, promuovere la riduzione e il trasferimento del rischio di catastrofi e promuovere il miglioramento continuo della preparazione alle catastrofi, la risposta e le pratiche di recupero, con l'esplicito obiettivo di aumentare la sicurezza umana, il benessere, la qualità della vita e lo sviluppo sostenibile».

Questi sforzi si interfacciano con l'adattamento ai cambiamenti climatici. Uno degli obiettivi principali della DRR è quello di spostare l'attenzione dominante dalla risposta ai disastri alla riduzione del loro impatto attraverso la preparazione preventiva. Questo risulta difficile perché, realmente, le risorse non possono essere sottratte dalla fase di risposta per destinarle alla mitigazione.

Nei confronti del tema dell'adattamento delle città ai cambiamenti climatici risulta fondamentale la complementarietà tra DRR (Disaster Risk Reduction) e

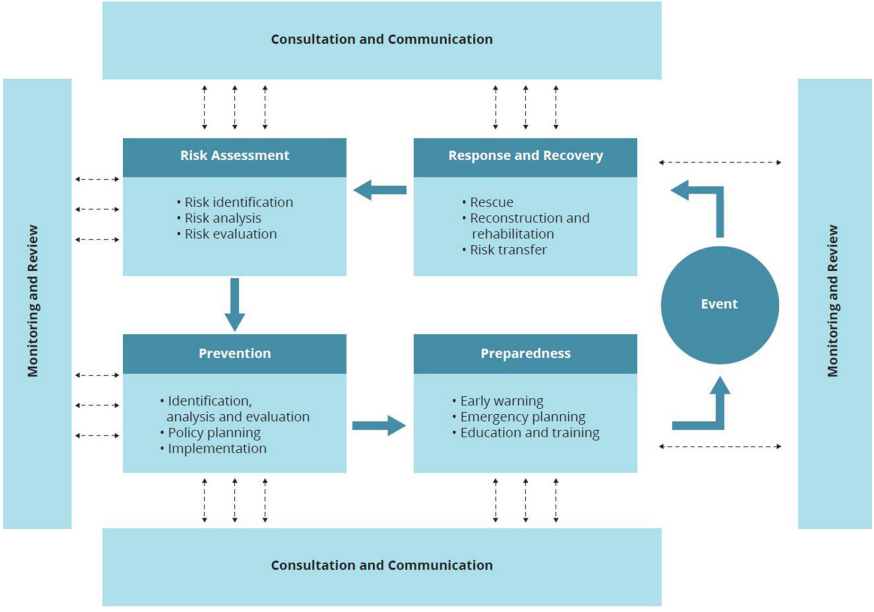


Fig. 1 - Ciclo del DRM (Disaster Risk Management) basato sulla ISO 31000 / *DRM (Distaster Risk Managament) cycle based on the ISO 31000* (Source: EEA, 2017).

CCA (Climate Change Adaptation). Sebbene con origini diverse, i due processi presentano aspetti comuni (Fig. 2): entrambi si pongono l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità agli eventi climatici estremi rafforzando la resilienza della società o di specifici settori dell'ambito urbano al fine di prevenire e far fronte agli impatti di tali disastri, inoltre adoperano strumenti simili per monitorare, analizzare e valutare i disastri e gli impatti (Fig. 3). Sussistono, tuttavia, anche delle differenze: l'attuazione dell'adattamento al cambiamento climatico è iniziata solo nell'ultimo decennio e si occupa esclusivamente dei disastri dovuti ai *climate-related hazards* come inondazioni, siccità e onde di calore, mentre la DRR ha una esperienza molto più lunga, non soltanto rivolta ai disastri causati da eventi climatici estremi. Inoltre le misure di adattamento richiedono un approccio di più lunga durata per far fronte ad impatti di lungo termine e per tenere conto della loro potenziale variazione nel tempo, le misure di DRR, al contrario, si basano su un approccio a breve termine.

Fino ad oggi nei Paesi europei le due comunità attive in DRR e CCA hanno operato in modo piuttosto indipendente, mentre è necessario che i decisori politici e gli esperti coinvolti in entrambi i processi collaborino in maniera efficace per sviluppare strategie e piani a livello locale e nazionale che assicurino un approccio integrato alla gestione del rischio, che potrebbe portare ad una maggiore riduzione dei danni grazie ad una attuazione di misure congiunte di DRR e adattamento, oltre che ad un più efficace uso delle risorse finanziarie, umane e naturali. La DRR può addirittura fallire nel suo obiettivo di costruire la resilienza ai rischi futuri, contribuendo anzi alla generazione di ulteriori rischi, se non tiene conto e non affronta le conseguenze dei cambiamenti climatici. Ad esempio, una difesa da inondazioni progettata senza una adeguata considerazione dell'intensificazione delle precipitazioni estreme e dunque dei *pluvial floods* in ambito urbano, può risultare

Until now in European countries the two communities active in DRR and CCA have operated quite independently, whereas policy-makers and experts involved in both processes need to work together effectively to develop strategies and plans at local and national level to ensure an integrated approach to risk management, which could lead to greater damage reduction through the implementation of joint DRR and adaptation measures, as well as more effective use of financial, human and natural resources. The DRR may even fail in its objective of building resilience to future risks, and even contribute to the generation of additional risks, if it does not take into account and does not address the consequences of climate change. For example, a flood defense designed without adequate consideration of the intensification of extreme rainfall and therefore of floods in the urban environment, can be a bad adaptation (MATTM, 2017).

The DRR steps are thus implemented by the dialogue with the CCA:

- *prevention: risk reduction is the total elimination of negative impacts of hazards and related disasters (UNISDR, 2017). At this stage the DRR may acquire a longer time perspective and also a wider territorial scale than is traditionally the case, on the contrary, CCA action can benefit from the consideration of short-term actions. The impact of extreme climatic events on human society and the environment can*

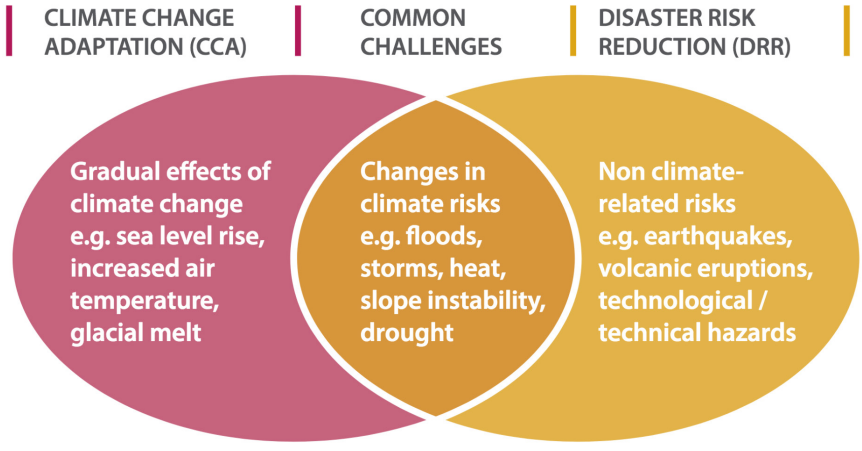


Fig. 2 - Framework che evidenzia gli obiettivi comuni di CCA e DDR, tra i quali inondazioni, raffiche di vento, temperature estreme, siccità / *Framework highlighting common objectives of CCA and DDR, including floods, wind gusts, extreme temperatures, drought* (Source: https://www.placard-network.eu/).

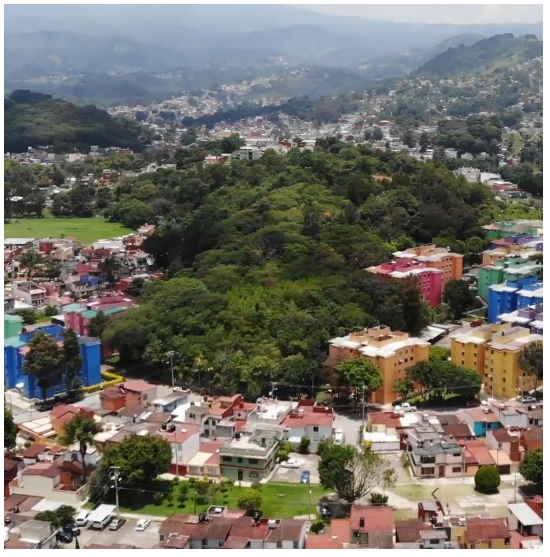


Fig. 3 - Città di Xalapa dotata del progetto Banking on Nature / *The city of Xalapa with the Banking on Nature project* (Source: https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/banking-nature-mexican-city-adapts-climate-change).

often be reduced by using GIs (Green Infrastructures), which have more advantages than traditional "grey" solutions (EEA, 2017). Green and nature-based solutions integrated into ecosystem services are increasingly being encouraged in the EU as they bring benefits in many urban sectors (e.g. increased liveability and sociality in the open spaces of the city, public health benefits). The role of spatial planning and environmental design should be emphasised in facilitating and implementing the application of GIs by integrating them with the various types of grey and soft measures, with the aim of increasing resilience to climate change and extreme weather events;

- *prepardness: is defined as the knowledge and skills developed by governments, professional response and rehabilitation organisations, communities and individuals to anticipate, respond and recover effectively from likely impacts, imminent or current hazards or events (UNISDR, 2017). Improving resilience is a common objective of preparedness measures, which complement the DRR and CCA. The important categories are early warning systems and emergency plans, developed in Europe and in many Member States at national, regional and local level for various types of climate related hazards, in particular flooding;*
- *response and recovery: recovery is defined as the restoration and, in some cases, improvement of the structures, livelihoods and living conditions of disaster-stricken communities, including efforts to reduce disaster risk factors (UNISDR, 2017). Considerations of the CCA are raised when considering improvements that in a disaster-stricken environment can lead to an improvement in pre-existing conditions.*

In the modern world there is a prevailing sense that disaster risks are increasing dramatically. World population has tripled in 75 years, leading to a rising tendency to inhabit areas of natural hazard risk. Eventually, climate change may increase the magnitude and frequency of extreme meteorological events, and in many cases damage rises disproportionately with the speed of storm winds, the height of a storm surge or the duration of a flood (Wisner et al., 2012) (Fig. 4). However, at present the greatest source of increasing vulnerability is probably disparity in access to resources, with the poor and destitute as the greatest victims of disaster. The wealth differential between rich and poor began to widen during the period 1970-1973 and the divergence has continued ever since (Fig. 5). Although monetary losses are concentrated in rich countries, casualties are greatest in poorer nations and so are the major impacts on livelihoods and development (Becker, 2009).

There is a world-wide consensus that the management of disaster risk will require concerted action at all scales, from local to international. In terms of top-down initiatives, the SFDRR

un mal-adattamento (MATTM, 2017).

Le fasi della DRR vengono così implementate dal dialogo con il CCA:

- prevenzione: la riduzione del rischio è l'eliminazione totale degli impatti negativi dei pericoli e delle catastrofi correlate (UNISDR, 2017). In questa fase la DRR può acquisire una prospettiva temporale più lunga e anche una scala territoriale più ampia rispetto a quanto avviene tradizionalmente; al contrario, l'azione della CCA può trarre vantaggio dalla considerazione di azioni a breve termine. L'impatto degli eventi climatici estremi sulla società umana e sull'ambiente può spesso essere ridotto utilizzando le GI (Green Infrastructures), che presentano maggiori vantaggi rispetto alle soluzioni tradizionali "grigie" (EEA, 2017). Nell'UE vengono sempre più incoraggiate soluzioni basate sul verde e sulla natura integrate in servizi ecosistemici, in quanto comportano benefici in molteplici settori in ambito urbano (ad es. incremento della vivibilità e socialità negli spazi aperti della città, benefici sulla salute pubblica). Il ruolo della pianificazione territoriale e della progettazione ambientale dovrebbe essere enfatizzato nell'agevolare e nell'implementare l'applicazione delle GI integrandole con i vari tipi di misure grigie e *soft*, con il fine di aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e agli eventi meteorologici estremi;
- preparazione: la preparazione è definita come le conoscenze e le capacità sviluppate dai governi, dalle organizzazioni professionali di risposta e di recupero, dalle comunità e dagli individui per anticipare, rispondere e recuperare efficacemente dagli impatti probabili, eventi o condizioni di pericolo imminenti o correnti (UNISDR, 2017). Migliorare la resilienza è un obiettivo comune delle misure di preparazione, che integrano la DRR e il CCA. Le categorie importanti sono i sistemi di allarme rapido e i piani di emergenza, sviluppati in Europa e in molti Stati membri a livello nazionale, regionale e locale per vari tipi di *climate related hazards*, in particolare le inondazioni;
- risposta e recupero: il recupero è definito come il ripristino e, in alcuni casi, il miglioramento delle strutture, dei mezzi di sussistenza e delle condizioni di vita delle comunità colpite da catastrofi, compresi gli sforzi per ridurre i fattori di rischio di disastri (UNISDR, 2017). Le considerazioni del CCA sono sollevate quando si considerano i miglioramenti che in un contesto colpito da disastro può portare un ripristino migliorativo delle condizioni pre-esistenti.

Nel mondo moderno prevale la sensazione che i rischi di catastrofi stiano aumentando in modo drammatico. La popolazione mondiale è triplicata in 75 anni, portando ad una crescente tendenza ad abitare aree a rischio di pericoli naturali. Infine, il cambiamento climatico può aumentare l'entità e la frequenza degli eventi meteorologici estremi, e in molti casi i danni aumentano in modo sproporzionato rispetto alla velocità dei venti di una tempesta, all'altezza di un uragano o alla durata di un'inondazione (Wisner et al., 2012) (Fig. 4). Tuttavia, attualmente la maggiore fonte della crescente vulnerabilità è, probabilmente, la disparità nell'accesso alle risorse, con i poveri e gli indigenti come principali vittime del disastro. Il divario di ricchezza tra ricchi e poveri ha cominciato ad aumentare nel periodo 1970-1973 e la differenza è continuata da allora (Fig. 5). Anche se le perdite monetarie si concentrano nei paesi ricchi, le maggiori vittime sono nelle nazioni più povere così come anche i maggiori impatti sui mezzi di sussistenza e sullo sviluppo (Becker, 2009).

Vi è un consenso diffuso a livello mondiale sul fatto che la gestione del ri-

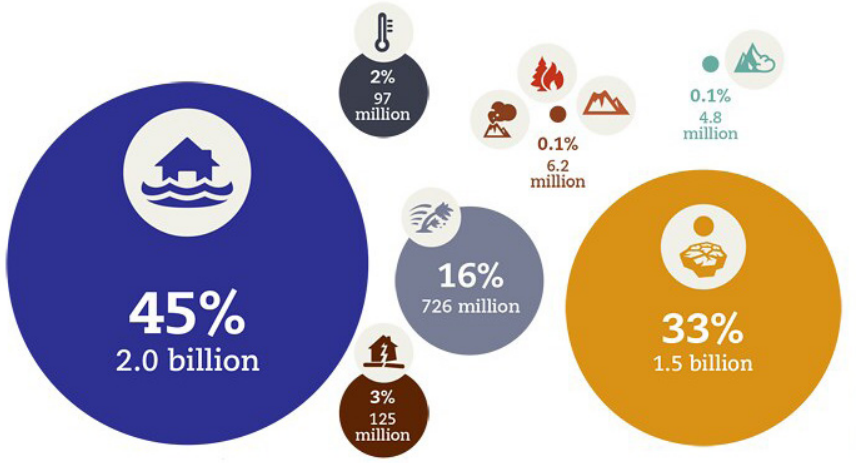


Fig. 4 - Diagramma dell'UNISDR che rappresenta il numero di persone colpite dai diversi impatti dei disastri dal 1998 al 2017 / *UNISDR diagram that show the number of people affected by the different impacts of disasters from 1998 to 2017* (Source: CRED & UNISDR, 2018).



Fig. 5 - Impatti dei disastri naturali dovuti al Climate chane nei paesi poveri / *Impacts of natural disasters due to Climate change in poor countries* (Source: UNDRR, 2019).

schio di catastrofi richiederà un'azione concertata a tutte le scale, da quella locale a quella internazionale. In termini di iniziative dall'alto verso il basso, il SFDRR (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction), che copre il periodo 2015-2030, è promosso dalla UNISDR[1] (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) come strumento per strutturare la politica nazionale di gestione del rischio di catastrofi. Si riferisce a tutte le fasi del ciclo delle catastrofi e comprende concetti vitali quali i diritti umani e la protezione dei gruppi vulnerabili. A differenza del precedente quadro d'azione di Hyogo 2005-2015 HFA (Hyogo Framework for Actions), esso menziona esplicitamente la necessità di prendere in considerazione la gestione del rischio di catastrofi in relazione alle questioni di genere e ai diritti delle donne.

L'UNDRR si impegna a garantire che la scienza sia utilizzata per sostenere le politiche di riduzione del rischio di catastrofi e che i paesi che hanno firmato l'SFDRR siano soggetti a un monitoraggio costante dei loro progressi nella gestione del rischio di catastrofi. Non è chiaro in che misura il Quadro avrà ripercussioni a livello locale, ma nel 2010 l'UNDRR ha lanciato un'iniziativa per le città sicure. Ciò fornisce un piano d'azione in dieci punti per la gestione del rischio di catastrofi locali. Tuttavia, ad oggi solo l'1 per cento circa delle città ha aderito ad esso.

Il rischio di catastrofi è conosciuto con chiarezza maggiore ora rispetto agli anni '50, per esempio. I pericoli sono stati mappati e le relazioni di magnitudo-frequenza degli impatti sono state studiate in modo da poterli prevedere. Gli impatti sono

1 Rinominato nel maggio 2019 UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction), which covers the period 2015-2030, is promoted by the UNISDR[1] (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) as a means of structuring national policy for disaster risk management. It refers to all phases of the 'disaster cycle' and embraces vital concepts such as human rights and the protection of vulnerable groups. Unlike the preceding HFA (Hyogo Framework for Action) 2005-2015 it explicitly mentions the need to consider disaster risk management in relation to gender issues and the rights of women.

The UNDDR is committed to ensuring that science is used to support policy making on disaster risk reduction, and that the countries that signed the SFDRR be subject to constant monitoring of their progress in managing disaster risk. It is not clear to what extent the Framework will affect the local level, but in 2010 UNISDR launched a Safe Cities initiative. This provides a ten-point action plan for managing local disaster risk. However, to date only about 1 per cent of towns and cities have signed up to it.

Disaster risk is clearly much better known now than it was in, for example, the 1950s. Hazards have been mapped and the magnitude-frequency relationships of impacts have been investigated so

1 Renamed May 2019 UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

that they can be predicted. Impacts are recorded, catalogued and analysed more thoroughly and rigorously than before. Techniques for the multivariate estimation of vulnerability have been created, and there is now a realisation that vulnerability is a pervasive and dynamic phenomenon which lies at the heart of disaster risk.

Most policies for managing disaster risk involve multiple approaches, based, not merely on structural control (such as building coastal and river defences against flooding, or strengthening buildings against earthquakes and windstorms) but also on non-structural approaches such as emergency planning, land-use control and forecasting, warning and evacuation (Chen et al., 2010).

Future efforts to reduce disaster risk will involve limiting development and habitation in areas of frequent or potentially devastating impact. Plans based on scenarios will be more detailed, thorough and wide-ranging, utilising the "all-hazards" approach to emergency response. Science will be applied more widely to forecasting and warning. This does not solve the eternal dilemma of how to prepare for extremely large yet very infrequent events, but it will provide more accurate estimates of what risk exists to be managed. In the end, the key to the problem of disaster risk lies in a more equal distribution of resources so that poor and disadvantaged people have access to the means to reduce impacts and live safely (Abkowitz & Chatterjee, 2012).

registrati, catalogati e analizzati in modo più approfondito e rigoroso rispetto al passato. Sono state create tecniche per la stima con molteplici variabili della vulnerabilità, e adesso si è diffusa la consapevolezza che la vulnerabilità rappresenta un fenomeno pervasivo e dinamico che sta al cuore del rischio di catastrofe.

La maggior parte delle politiche per la gestione del rischio di catastrofi comporta approcci multipli, basati non solo sul controllo strutturale (come la costruzione di difese costiere e fluviali contro le inondazioni, o il rafforzamento degli edifici contro i terremoti e le tempeste) ma anche su approcci non strutturali quali la pianificazione di emergenza, il controllo e la prevenzione nell'uso del territorio, l'allarme e l'evacuazione (Chen et al., 2010).

Gli sforzi futuri volti a ridurre il rischio di catastrofi comporteranno la limitazione dello sviluppo e della costruzione di abitazioni in aree caratterizzate da un impatto di rischi frequente o potenzialmente devastante. I piani basati su scenari saranno più dettagliati, approfonditi e di ampia portata, utilizzando l'approccio "*all-hazards*" alla risposta emergenziale. La scienza sarà applicata più ampiamente alle previsioni e agli allarmi. Questo non risolve l'eterno dilemma di come prepararsi per eventi estremamente vasti ma molto rari, ma fornirà stime più accurate di ciò che il rischio è e su come gestirlo. Alla fine, la chiave del problema del rischio di catastrofi sta in una distribuzione più equa delle risorse in modo che le persone povere e svantaggiate abbiano accesso ai mezzi per ridurre gli impatti e vivere in sicurezza (Abkowitz & Chatterjee, 2012).

References

Abkowitz, M.D. & Chatterjee, S. (2012), "Regional disaster risk: assessment and mitigation concepts in an all-hazards context.", *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, n. 9(1), Article 15, pp. 1-18.

Becker, P. (2009), "Grasping the Hydra: the need for a holistic and systematic approach to disaster risk reduction.", *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, n. 2(1), pp. 1-13.

Chen, Y-M., Fan, K.S. & Chen, L. C. (2010), "Requirements and functional analysis of a multi-hazard disaster-risk analysis system." *Human and Ecological Risk Assessment*, n. 16(2), pp. 413-428.

Comfort, L.K. (2005), "Risk, security, and disaster management.", *Annual Reviews of Political Science*, n. 8, pp. 335-356.

CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters & UNISDR United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2018), *Economic losses, poverty & disaster 1998-2017*.

EC European Commission (2010), *Risk Assessment and Mapping for Disaster Management*, Brussels.

EEA European Environment Agency (2017), *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices*, Report No 15/2017, Luxembourg.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. In Press.

Lin, L. (2018), "Integrating a national risk assessment into a disaster risk management system: process and practice.", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, n. 27, pp. 625-631.

MATTM Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*.

Pescaroli, G. & Alexander, D. E. (2015), "A definition of cascading disasters and cascading effects: Going beyond the 'toppling dominos' metaphor." *GRF Global Risk Forum Davos Planet@Risk*, vol. 3, n. 1, pp. 58-67.

UNDRR United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2019), *Annual Report 2019*.

UNISDR United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017), *Annual Report 2017*.

Wisner, B., Gaillard, J-C. & Kelman, I. (2012), *Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*, Routledge, London.

Climate Sensitivity

Carlo Donadio, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
Alberto Forelli, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Clima

Il clima corrisponde allo stato medio del tempo atmosferico (meteorologico) a varie scale spaziali (locale, regionale, nazionale, continentale, emisferica o globale), così come rappresentato dai valori di una serie di parametri meteorologici rilevati ed elaborati statisticamente, relativi ad un arco temporale molto esteso e continuativo, pari ad almeno 30 anni. La differenza tra Clima e Meteorologia consiste nel diverso fattore temporale che caratterizza i fenomeni atmosferici: i parametri meteorologici (temperatura, pressione, pioggia, umidità, vento, ecc.) sono fisici, strettamente locali e relativi ad un certo istante di osservazione. Il termine clima deriva dal greco κλίνω, inclino, in quanto funzione dell'inclinazione dei raggi solari sulla superficie della Terra al variare della latitudine. A ciascuna fascia climatica-latitudinale terrestre corrispondono caratteristiche fisico-ambientali diverse in termini di flora e fauna, detti biomi (p.e. foreste pluviali, deserti, foreste temperate, steppe, tundra, taiga, banchisa polare), con spiccata influenza sulle abitudini ed attività economiche delle popolazioni. Altri fattori di determinazione climatica fanno sì che le fasce climatiche non corrispondano perfettamente ad una fascia delimitata da due paralleli a diversa latitudine ma siano confinate da linee curve che possono spingersi più a sud o a nord, in dipendenza della distribuzione delle masse oceaniche o continentali. In termini fisici, il clima è il prodotto in uscita da un operatore complesso, per il quale l'input è il flusso radiativo proveniente dal Sole. L'operatore è il sistema terrestre nelle sue tre componenti, solida (terre emerse), liquida (masse oceaniche) e gassosa (atmosfera). La Terra è un "corpo opaco" posto sul percorso della radiazione solare, di cui incamera il contenuto energetico. L'assorbimento non è totale per la presenza di processi di riflessione della radiazione incidente (effetto albedo). Valutazioni in termini di bilancio termico terrestre (Fig. 1) stimano al 35-40% l'aliquota di radiazione riflessa dalla Terra e dispersa nuovamente nello spazio.

Poiché il sistema Terra conserva nel tempo una temperatura pressoché costante, al flusso energetico incidente deve corrispondere un flusso radiativo uscente che operi un bilanciamento in termini energetici. Poniamo pari a 100 unità l'energia incidente lorda Et, il cui valore medio relativamente all'intera superficie terrestre è pari a 0.5 langley/min[1], e pari al 34% l'albedo della superficie terrestre. La radiazione solare netta che raggiunge la superficie terrestre risulta pari a:

$$En = (100 - 34) = 66 \text{ unità} \qquad (1)$$

1 Langley (Ly) è l'unità di misura della radiazione solare o insolazione pari ad una caloria termochimica per centimetro quadrato ovvero 41.840 Joule per metro quadrato (J/m^2).

Climate

Climate corresponds to the average state of atmospheric weather (meteorological) at various spatial scales (local, regional, national, continental, hemispheric or global), as represented by the values of a series of meteorological parameters measured and statistically processed, relating to a very long and continuous period, equal to at least 30 years. The difference between Climate and Meteorology consists in the different temporal factor that characterizes the atmospheric phenomena: the meteorological parameters (temperature, pressure, rain, humidity, wind, etc.) are physical, strictly local and relative to a certain moment of observation. The term climate derives from the Greek κλίνω, inclined, as a function of the inclination of the Sun's rays on the surface of the Earth as the latitude varies. Each land-based climate zone corresponds to different physical and environmental characteristics in terms of flora and fauna, called biomes (e.g., rainforests, deserts, temperate forests, steppes, tundra, taiga, polar ice), with a marked influence on the habits and economic activities of the populations. Other climatic factors mean that the climate zones do not perfectly correspond to a zone delimited by two parallels at different latitudes but

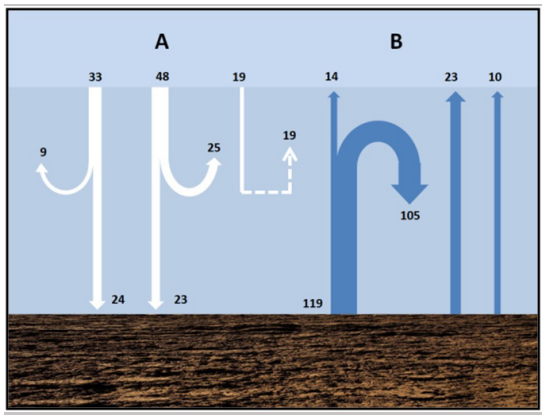


Fig. 1 - Bilancio termico terrestre: A, radiazione incidente (onde corte); B, radiazione emessa (onde lunghe) / *Earth's thermal balance: A, incident radiation (short waves); B, emitted radiation (long waves).*

are confined by curved lines that can go further south or north, depending on the distribution of oceanic or continental masses. In physical terms, the climate is the output of a complex operator, for which the input is the radiative flow from the Sun. The operator is the terrestrial system in its three components, solid (mainland), liquid (oceanic masses), and gaseous (atmosphere). The Earth is an "opaque body" placed on the path of solar radiation, whose energy content it collects. Absorption is not total because of the presence of processes of reflection of the incident radiation (albedo effect). Evaluations in terms of the Earth's thermal balance (Fig. 1) estimate at 35-40% the amount of radiation reflected by the Earth and dispersed again in space.

Since the Earth system maintains an almost constant temperature over time, the incident energy flow must be matched by an outgoing radiative flow that provides an energy balance. Let's put the gross incident energy Et at 100 units, whose average value relative to the entire Earth's surface is equal to 0.5 langley/min[1] and equal to 34% the albedo of the Earth's surface. The net solar radiation reaching the Earth's surface is equal to:

$$En = (100 - 34) = 66 \text{ units} \qquad (1)$$

divided as follows: 19 units absorbed by the atmosphere and 47 by the surface. The energy balance is equilibrated because an identical amount of energy returns to space dispersing in the form of long radiations. The Earth's surface, emitting radiation like a black body at its average temperature, produces 119 units. It is estimated that 105 units are returned to it by the water vapour and carbon dioxide (CO_2) present in the atmosphere. The difference, equal to 14 units, corresponds to the nocturnal radiation that spreads into space through the infrared "window". An energy portion in the form of sensitive heat (about 10 units) is dispersed into the atmosphere. A further energy release (latent energy) of 23 units occurs through condensation of water vapour into clouds. Finally, there is the rate due to the direct absorption of solar radiation by the Earth's surface and therefore the quantities are balanced.

The climate operator

The operator is dependent on a variety of astronomical, geographical, and physical factors, including:

1. *Inclination of the terrestrial axis (23°27') on the level of the orbit of revolution around the Sun (ecliptic);*
2. *Earth's surface divided into continental and oceanic masses;*
3. *presence in the Earth's atmosphere of gaseous components*

così suddivise: 19 unità assorbite dall'atmosfera e 47 dalla superficie. Il bilancio energetico si equilibra poichè un'identica quantità di energia ritorna allo spazio disperdendosi sotto forma di radiazioni lunghe. La superficie terrestre, emettendo radiazioni come un corpo nero alla sua temperatura media, produce 119 unità. Si stima che 105 unità le vengano restituite dal vapore acqueo e dall'anidride carbonica (CO_2) presenti nell'atmosfera. La differenza, pari a 14 unità, corrisponde alla radiazione notturna che si diffonde nello spazio attraverso la "finestra" dell'infrarosso. Un'aliquota energetica sotto forma di calore sensibile (circa 10 unità) si disperde in atmosfera. Un'ulteriore liberazione energetica (energia latente) di 23 unità avviene per processi di condensazione del vapore acqueo in nubi. Infine, vi è l'aliquota dovuta all'assorbimento diretto delle radiazioni solari da parte della superficie terrestre e pertanto le quantità si equilibrano.

L'operatore climatico

L'operatore è funzione di una serie di fattori astronomici, geografici e fisici, tra i quali:

1. inclinazione dell'asse terrestre (23°27') sul piano dell'orbita di rivoluzione intorno al Sole (eclittica);
2. superficie terrestre distinta in masse continentali ed oceaniche;
3. presenza nell'atmosfera terrestre di componenti gassose generanti "effetto serra".

Da questi tre fattori primari derivano numerosi fattori secondari o derivati. L'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre ingenera il ciclo astronomico delle stagioni, a cui sono associate le stagioni meteorologiche e sono riconducibili alcune fattispecie climatiche. Le masse continentali ed oceaniche rispondono in maniera diversa alla radiazione solare incidente: le prime si raffreddano e si riscaldano molto più lentamente delle seconde (effetto "volano termico"). Pertanto, durante la stagione estiva le estese masse continentali (superficie terrestre e volumi di atmosfera sovrastanti) hanno una temperatura più elevata rispetto alle contigue masse oceaniche. Durante la stagione invernale, al contrario, le stesse masse continentali hanno una temperatura molto bassa in valore assoluto e nettamente inferiore a quella delle masse oceaniche a pari latitudine. Ciò comporta lo sviluppo al suolo di estesi campi di pressione molto alta (p.e. anticiclone termico russo-siberiano, anticiclone canadese), con valori talvolta superiori a 1.060 hPa[2]. Tali strutture bariche dell'atmosfera hanno la capacità di condizionare il clima delle zone interessate.

Parametri di caratterizzazione climatica

I principali parametri di caratterizzazione climatica sono la temperatura e le precipitazioni. La classificazione climatica di Köppen (1936), da cui provengono altre metodiche di classificazione, si basa su questi e sulla loro distribuzione nell'arco dell'anno. La temperatura e le precipitazioni sono i parametri che hanno la maggiore capacità di influenzare le caratteristiche degli ambienti sia naturali sia antropizzati. Altri parametri possono concorrere alla determinazione climatica di un'area geografica (Tab. 1). I parametri meteorologici, insieme alla temperatura

1 Langley (Ly) is the measurement unit of solar radiation or insolation equal to a thermochemical calorie per square centimeter or 41,840 Joules per square meter (J/m2)

2 Ettopascal (hPa), centesima parte del Pascal, è l'unità di misura della pressione atmosferica terrestre: è pari a un millibar (mbar), millesima parte di un bar che è circa la pressione atmosferica al livello del mare

e piovosità, sono usati pure per la valutazione di indici climatici accessori quali l'Indice di Continentalità di Ivanov e l'Indice di Aridità di De Martonne.

Parametri meteorologici				Parametri geografici			
Radiazione solare	Nuvolosità	Umidità relativa	Vento (direzione e intensità)	Elevazione sul livello del mare	Conformazione orografica	Posizione rispetto alle masse oceaniche	Presenza di copertura forestale

Tab. 1 - Principali fattori di determinazione climatica / *Key climate factors.*

Il clima d'Italia

L'Italia è caratterizzata da un andamento climatico complesso dal punto di vista termico, igrometrico e pluviometrico. Le differenze tra regioni e da una stagione all'altra nella stessa zona sono notevoli. Le Alpi ed il loro prolungamento verso sud-est costituito dalle Alpi Dinariche rappresentano spesso un ostacolo per la propagazione verso sudovest delle masse d'aria molto fredda di origine artica o siberiana che, in inverno, stazionano sull'Europa settentrionale e orientale. La relativa vicinanza di tre grandi zone geo-climatiche, l'Atlantico, l'Africa e le pianure dell'Europa nordorientale, concorre alla varietà di condizioni meteorologiche che possono, in rapida successione, avvicendarsi sull'Italia. A rendere più complesso il quadro climatico italiano è la morfologia del territorio, con esteso sviluppo costiero (7.000 km) e presenza di catene montuose (Alpi, Appennini) che operano separazioni termiche e pluviometriche tra aree distanti solo poche decine di kilometri. Le macro-regioni climatiche italiane sono otto (Tab. 2). Ciascuna presenta marcate peculiarità in relazione ai vari fattori di caratterizzazione meteo-climatica (temperatura, pioggia, vento) e alla fase stagionale analizzata. Notevole importanza riveste la latitudine, che passa dai 37°N in Sicilia ai 47°N in Trentino Alto Adige.

Macro-regione	
1	Regione alpina
2	Pianura Padana
3	Liguria e Toscana settentrionale
4	Versante tirrenico centro settentrionale (Campania inclusa)
5	Versante dell'Adriatico settentrionale
6	Versante dell'Adriatico centrale e meridionale
7	Calabria e Sicilia
8	Sardegna



Tab. 2 - Le macro-regioni climatiche d'Italia / *Italy's climate macro-regions.*

Global Warming e cambiamento climatico globale

La temperatura media della superficie terrestre è aumentata di circa 0,9 °C dal 1850, insieme all'incremento dei tenori atmosferici di gas serra (p.e. CO_2). Sul rapporto causa-effetto tra incremento di concentrazione della CO_2 e incremento termico esistono due teorie: la teoria antropica dei cambiamenti climatici, secondo cui i livelli crescenti di gas serra dell'atmosfera sono imputabili all'attività umana (p.e. combustione di combustibili fossili), causando cambiamenti climatici (riscaldamento globale, scioglimento dei ghiacciai, innalzamento del livello marino); e la teoria che attribuisce il riscaldamento nel XX secolo, almeno per il 50%, a processi naturali come oscillazioni specifiche nell'attività del Sole che inducono variazioni dell'albedo attraverso differenze nella copertura nuvolosa e nelle circolazioni oceaniche. I fautori della prima teoria sostengono la necessità di immediati interventi miranti a ridurre le emissioni di CO_2, inteso come inquinante, per prevenire potenziali disastri durante il XXI secolo. Questa interpretazione è

generating the "greenhouse effect".

From these three primary factors derive numerous secondary or derived factors. The inclination of the Earth's rotation axis generates the astronomical cycle of the seasons, which are associated with the weather seasons and are related to certain climatic conditions. The continental and oceanic masses respond differently to the incident solar radiation: the former cool down and heat up much more slowly than the latter ("thermal flywheel" effect). Therefore, during the summer season, the large continental masses (the Earth's surface and volumes of the atmosphere above) have a higher temperature than the adjacent ocean masses. During the winter season, on the contrary, the same continental masses have very low temperatures in absolute value and much lower than that of the oceanic masses at the same latitude. This leads to the development of large very high-pressure fields on the ground (e.g., Russian-Siberian thermal anticyclone, Canadian thermal anticyclone), with values sometimes higher than 1,060 hPa[2]. These baric structures of the atmosphere can condition the climate of the areas concerned.

Parameters of climatic characterization

The main parameters of climatic characterization are temperature and precipitation. The Köppen climate classification (1936), from which other classification methods are derived, is based on these and their distribution over the year. Temperature and precipitation are the parameters that have the greatest capacity to influence the characteristics of both natural and man-made environments. Other parameters can contribute to the climatic determination of a geographical area (Tab. 1). Meteorological parameters, together with temperature and rainfall, are also used for the evaluation of accessory climate indices such as Ivanov's Continentality Index and De Martonne's Aridity Index.

The climate of Italy

Italy is characterized by a complex climatic trend from a thermal, hygrometric, and rainfall point of view. The differences between regions and from one season to another in the same area are considerable. The Alps and their extension to the south-east, consisting of the Dinaric Alps, are often an obstacle to the southwest propagation of very cold air masses of the Arctic or Siberian origin that, in winter, are stationed in

2 *Hectopascal (hPa), one-hundredth part of Pascal, is the measurement unit of terrestrial atmospheric pressure: it is equal to one millibar (mbar), one-thousandth part of a bar which is about atmospheric pressure at sea level.*

northern and eastern Europe. The relative proximity of three large geo-climatic areas, the Atlantic, Africa, and the plains of north-eastern Europe, contributes to the variety of weather conditions that can, in rapid succession, alternate over Italy. The morphology of the territory makes the Italian climate more complex, with extensive coastal development (7,000 km) and the presence of mountain ranges (Alps, Apennines) that operate thermal and rainfall separations between areas only a few dozen kilometers away. There are eight Italian climate macro-regions (Tab. 2). Each region has marked peculiarities in relation to the various factors of weather and climate characterization (temperature, rain, wind) and to the seasonal phase analysed. Latitude is of considerable importance, rising from 37°N in Sicily to 47°N in Trentino Alto Adige.

Global Warming and global climate change

The average temperature of the Earth's surface has increased by about 0.9 °C since 1850, together with the increase in atmospheric greenhouse gas levels (e.g., CO_2). There are two theories on the cause-effect relationship between increased CO_2 concentration and thermal increase: the anthropogenic theory of climate change, according to which increasing levels of greenhouse gases in the atmosphere are due to human activity (e.g., combustion of fossil fuels), causing climate change (global warming, melting of glaciers, rising sea level); and the theory that ascribes warming in the twentieth century, at least for 50%, to natural processes such as specific oscillations in the activity of the Sun that induce changes in albedo through differences in cloud cover and ocean circulations.

The promoters of the first theory argue for the need for immediate interventions aimed at reducing CO_2 emissions, intended as a pollutant, to prevent potential disasters during the 21st century. This interpretation is based on computerised climate models and is supported by the United Nations (UN) through the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Supporters of the second theory claim that anthropogenic theory is lacking because it is based on uncertain measurements, scientific knowledge still in the process of consolidation, and climate models that are inefficient in reproducing the climate changes of the past. In particular, these models do not seem to be able to reproduce the natural oscillations of the climate, they have been contradicted by the fact that since 2000 there has been no warming and the temperature has remained substantially unchanged. The overall picture is still lacking in fixed points and presents only some areas of scientific convergence for the supporters of both theories. The climatic history of the Earth shows an oscillating trend, with a succession of phases with mild ("excellent climatic") and cold ("glacial eras") basata su modelli climatici computerizzati ed è sostenuta dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) attraverso l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). I sostenitori della seconda teoria affermano che la teoria antropica sia carente poiché basata su misurazioni incerte, conoscenze scientifiche ancora in fase di consolidamento e modelli climatici inefficienti nel riprodurre i cambiamenti climatici del passato. In particolare, tali modelli non sembrano in grado di riprodurre le oscillazioni naturali del clima e sono stati contraddetti dal fatto che dal 2000 non si è registrato il riscaldamento predetto e la temperatura è sostanzialmente invariata. Il quadro generale è ancora privo di punti fermi e presenta solo alcune aree di condivisione scientifica per i sostenitori di entrambe le teorie. La storia climatica della Terra mostra un andamento oscillante, con successione di fasi con temperature miti ("ottimi climatici") e fredde (ere glaciali): tra le fasi calde, si citano l'ottimo climatico del Tirreniano (125.000 anni fa), Olocene (5.500 anni fa), medievale (1.000 anni fa) e quello d'epoca romana (2.000 anni fa); tra le fredde, la Piccola Era Glaciale (PEG) tra il 1400 e il 1800, in corrispondenza con il minimo dell'attività solare di Maunder del XVII secolo. In queste epoche remote le attività umane capaci di produrre CO_2 erano molto modeste. Pertanto, emerge con maggiore chiarezza l'influenza di cicli solari con durate variabili di 50, 60, 100, 250, 1.200 e 2.500 anni. La loro analisi suggerisce un'omologia di comportamento tra questi e l'andamento climatico. Il forte riscaldamento della temperatura media terrestre tra il 1970 ed il 2000 potrebbe essere connesso al ciclo solare di 60 anni, forse potenziato dall'effetto di incremento della concentrazione di CO_2. Tuttavia, nel fenomeno complessivo è difficoltosa l'attribuzione di una percentuale all'uno o all'altro fattore. Nonostante gli studi sui fattori che regolano l'evoluzione climatica siano sono sempre più ampi ed approfonditi, la capacità previsionale nel breve-medio termine non è migliorata in quanto le nuove conoscenze dei complessi processi alla base sono spesso in contrasto, in termini di causa-effetto, con quelle precedenti. Utilizzando per i modelli climatici le traiettorie delle concentrazioni di gas serra dette *Representative Concentration Pathway* (RCP), adottate dall'IPCC nel *5th Assessment Report*, se si considerano concentrazioni in deciso aumento (continue emissioni di gas serra in atmosfera) l'incremento termico al 2100 sarà di circa 4 °C con possibile innalzamento del livello marino fra 4 e 10 m circa (Strauss et al., 2015). In caso di stazionarietà delle concentrazioni (minime nuove emissioni di gas serra in atmosfera), l'aumento si limiterebbe a circa 0,5 °C. Tale forbice è ampia e comporta due scenari futuri molto diversi per impatto sugli ecosistemi terrestri.

Indici climatici

La metodica di classificazione climatica Köppen-Trewartha (KTC) è stata definita da Trewartha & Horn (1980) basandosi sulla teoria originale di Köppen (KCC). Questa, pur simile, presenta novità e modifiche che rendono i tipi climatici meglio corrispondenti ai confini dei paesaggi naturali. Gli elementi meteorologici di classificazione sono la temperatura (regime termico) e le precipitazioni (Tab. 3). Una delle principali differenze tra KCC e KTC è la definizione dei climi asciutti B ovvero la formula per il calcolo della soglia di clima secco utilizzata in queste definizioni.

Nel KCC, il confine tra climi umidi e asciutti è definito dall'Eq. (1), che differisce secondo il modello di precipitazione annuale:

$R = 2T + 14$ (per piogge uniformemente distribuite)

A – Clima Tropicale umido T_f > 18°C ; P_{med} > R			B – Clima secco P_{med} < R	
Sottotipo			Sottotipo	
Ar (della foresta pluviale)	Aw (della savana)	As (non comune)	BS (della steppa)	BW (desertico)
Da 10 a 12 mesi umidi; da 0 a 2 mesi secchi	Inverno (periodo a sole "basso" sull'orizzonte) secco; mesi secchi > 2	Estate (periodo a sole "alto" sull'orizzonte) secca	R/2 < P_{med} > R	P_{med} < R/2
C – Clima Sub-Tropicale T_f < 18°C ; da 8 a 12 mesi con T_{med} > 10°C			D – Clima temperato Da 4 a 7 mesi con T_{mese} > 10°C	
Sottotipo			Sottotipo	
Cs (Clima mediterraneo)	Cw (ad inverno secco)	Cf (umido)	Do (oceanico)	Dc (continentale)
Estate secca; piogge invernali (semestre a sole "basso") pari ad almeno il triplo di quelle che cadono nel semestre estivo (semestre a sole "alto"); P_{secco} < 30 mm ; P_{med} < 890 mm	Inverno secco; piogge estive (semestre a sole "alto") pari ad almeno 10 volte a quelle che cadono nel semestre invernale (semestre a sole "basso");	Assenza di stagione secca; differenza tra mese più piovoso e mese meno piovoso inferiore a quanto previsto per Cs e Cw; P_{secco} > 30 mm	T_f > 0°C	T_f < 0°C
E – Clima Boreale Da 1 a 3 mesi con T_{mese} >10°C			F – Clima Polare T_c < 10°C	
			Sottotipo	
			Ft (tundra)	Fi (calotta di ghiaccio)
			T_c > 0°C	T_c < 0°C

Tab. 3 - Classificazione climatica di Köppen-Trewartha (KTC) proposta da Trewartha & Horn (1980) / *Climate classification of Köppen-Trewartha (KTC) proposed by Trewartha & Horn (1980).*

$$R = 2T \quad \text{(per piogge concentrate in inverno)} \qquad (1)$$
$$R = 2T + 28 \quad \text{(per piogge concentrate in estate)}$$

dove R indica le precipitazioni annuali medie in centimetri, T è la media annua in gradi Celsius. Il sottotipo BS (semi-arido o clima steppico) è caratterizzato da una media annuale di precipitazione inferiore a R ma superiore a 0.5 R. Se inferiore a 0.5 R, il KCC lo definisce clima arido (anche desertico) BW. Trewartha & Horn (1980) utilizzano una modifica di Patton (1962) che ha semplificato le equazioni come segue:

$$R^* = 0{,}5T^* - 12 \quad \text{(per piogge uniformemente distribuite)}$$
$$R^* = 0{,}5T^* - 17 \quad \text{(per piogge concentrate in inverno)} \qquad (2)$$
$$R^* = 0{,}5T^* - 6 \quad \text{(per piogge concentrate in estate)}$$

dove la soglia di precipitazione media R* è in pollici e la temperatura media annua T* in gradi Fahrenheit. Patton (1962) ha proposto una semplificazione della soglia di clima umido/asciutto sostituendo i tre criteri originali (Eq. (2)) con un'unica equazione per la precipitazione annua media del precedente R* (in pollici):

$$R^* = 0{,}5T^* - 0{,}25\,Pw \qquad (3)$$

dove T* è la temperatura media annua dell'aria in gradi Fahrenheit e Pw la percentuale di precipitazioni annuali che si verificano in inverno (i 6 mesi più freddi). Trasformando l'Eq. (3) in centimetri e gradi Celsius, si ottiene l'equazione proposta da de Castro et al. (2007):

$$R = 2{,}3T - 0{,}64Pw + 41 \qquad (4)$$

dove R indica la soglia media di precipitazione annua (cm), T la temperatura

temperatures: among the hot phases, we mention the excellent climatic conditions of the Tyrrhenian (125,000 years ago), Holocene (5,500 years ago), medieval (1,000 years ago) and the Roman period (2,000 years ago); among the cold phases, the Little Ice Age (PEG) between 1400 and 1800, corresponding to the minimum of the solar activity of Maunder in the 17th century. In these remote times, human activities capable of producing CO_2 were very modest. Therefore, the influence of solar cycles with variable durations of 50, 60, 100, 250, 1,200, and 2,500 years emerges more clearly. Their analysis suggests a homology of behaviour between these and the climatic trend. The strong warming of the Earth's average temperature between 1970 and 2000 could be connected to the solar cycle of 60 years, perhaps enhanced by the effect of increasing the concentration of CO_2. However, in the overall phenomenon, it is difficult to attribute a percentage to either factor. Although studies on the factors that regulate climate change are increasingly extensive and in-depth, the ability to predict in the short to medium term has not improved as the new knowledge of the complex processes at the base are often in contrast, in terms of cause and effect, with the previous ones. Using for climate models the trajectories of greenhouse gas concentrations called Representative Concentration Pathway (RCP), adopted by the IPCC in the 5th Assessment Report, if we consider concentrations sharply increasing (continuous emissions of greenhouse gases into the atmosphere) the thermal increase to 2100 could be about 4°C with a possible rise in the sea level between 4 and 10 m (Strauss et al., 2015). If concentrations are stationary (minimum new greenhouse gas emissions into the atmosphere), the increase would be limited to about 0.5°C. This range is wide and involves two very different future scenarios for the impact on terrestrial ecosystems.

Climate indexes

The method of climate classification Köppen-Trewartha (KTC) was defined by Trewartha & Horn (1980) on the basis of the original Köppen theory (KCC). Although similar, this theory presents novelties and modifications that make climate types better correspond to the boundaries of natural landscapes. The meteorological elements of the classification are temperature (thermal regime) and precipitation (Tab. 3). One of the main differences between KCC and KTC is the definition of dry climates B, i.e. the formula for calculating the dry climate threshold used in these definitions. In KCC, the boundary between wet and dry climates is defined by the Eq. (1), which differs according to the annual precipitation pattern:

R = 2T + 14 (for evenly distributed rainfall)
R = 2T (for rains concentrated in winter) *(1)*

R = 2T + 28 (for rains concentrated in the summer)

where R indicates the average annual precipitation in centimetres, T is the average annual precipitation in degrees Celsius. Subtype BS (semi-arid or steppe climate) has an annual average precipitation of less than R but more than 0.5 R. If less than 0.5 R, the KCC defines it as an arid climate (including desert) BW. Trewartha & Horn (1980) use a modification of Patton (1962) which simplified the equations as follows:

R = 0.5T* - 12 (for evenly distributed rainfall)*

R = 0.5T* - 17 (for rains concentrated in winter) (2)*

R = 0.5T* - 6 (for rains concentrated in the summer)*

where the mean precipitation threshold R is in inches and the annual mean temperature T* is in degrees Fahrenheit. Patton (1962) proposed a simplification of the wet/dry climate threshold by replacing the three original criteria (Eq. (2)) with a single equation for the average annual precipitation of the previous R* in inches:*

R = 0.5T* - 0.25 Pw (3)*

*where T * is the average annual air temperature in degrees Fahrenheit and Pw the percentage of annual rainfall that occurs in winter (the 6 coldest months). Transforming Eq. (3) in centimeters and degrees Celsius, we obtain the equation proposed by de Castro et al. (2007):*

R = 2.3T - 0.64Pw + 41 (4)

where R indicates the average annual precipitation threshold (cm), T the average annual air temperature (° C), Pw the percentage of annual precipitation concentrated in winter. Instead of the coldest 6 months, 6 months of the low Sun are used (from October to March in the northern hemisphere and from April to September in the south).

Maritime and continental climate

A climate is defined as maritime or oceanic when it presents a trend characterized by modest annual temperature ranges, with significant rainfall and atmospheric humidity and almost uniformly distributed throughout the year. The mitigating influence of the oceans is at its most for the geographical areas of the medium latitudes bathed in the west by large oceanic masses (e.g., Western Europe), less marked for smaller basins (e.g., Mediterranean coasts). On the other hand, the continental climate is characterized by significant annual and daily temperature ranges, with rainfall generally having a well-defined maximum and minimum (e.g., Hungary).

Continentality index of Ivanov

Ivanov's K index (Pinna, 1977) classifies the continentality and maritime character of an area with the formula:

media annuale dell'aria (°C), Pw la percentuale di precipitazioni annuali concentrate in inverno. Invece dei 6 mesi più freddi, si utilizzano i 6 mesi di sole basso (da ottobre a marzo nell'emisfero nord e da aprile a settembre in quello sud).

Marittimità e continentalità climatica

Un clima è definito marittimo o oceanico quando presenta un andamento caratterizzato da modeste escursioni termiche annuali, con precipitazioni e umidità atmosferica rilevanti e quasi uniformemente distribuite nell'arco dell'anno. L'influenza mitigatrice degli oceani è massima per le aree geografiche delle medie latitudini bagnate ad occidente da estese masse oceaniche (p.e. Europa occidentale), meno marcata per bacini di minore estensione (p.e. coste mediterranee). Invece, il clima continentale è caratterizzato da rilevanti escursioni termiche annue e giornaliere, con piogge che generalmente presentano un massimo ed un minimo ben definito (p.e. Ungheria).

Indice di continentalità di Ivanov

L'indice K di Ivanov (Pinna, 1977) classifica il carattere di continentalità e marittimità di un'area con la formula:

$$K = (A_j + A_t + 0{,}25\ D_f)/(0{,}36\varphi + 14) \times 100 \qquad (5)$$

dove: A_j, escursione termica annua; A_t, escursione diurna media; D_f, quantità mancante alla saturazione; φ, latitudine. Ivanov definisce i seguenti gradi di marittimità e continentalità (Tab. 4).

Grado di marittimità/oceanicità - continentalità		K
1	estremamente oceanico	K < 47
2	oceanico	48 < K < 56
3	moderatamente oceanico	57 < K < 68
4	marittimo	69 < K < 82
5	debolmente marittimo	83 < K < 100
6	debolmente continentale	101 < K < 121
7	moderatamente continentale	122 < K < 146
8	continentale	147 < K < 177
9	fortemente continentale	178 < K < 214
10	estremamente continentale	K > 214

Tab. 4 - Grado di marittimità e valore dell'indice di K. Ivanov / *Degree of maritime climate and value of Ivanov's K index.*

Siccità ed aridità

Il termine siccità ha una valenza strettamente meteorologica in quanto indica un periodo con scarse precipitazioni piovose. Il termine aridità, invece, associa alla carenza di precipitazioni (aspetto pluviometrico) anche le condizioni termiche, quelle del suolo nonché il fattore agronomico, mediante parametri quali la temperatura dell'aria, la permeabilità e l'evapotraspirazione. Si parla di aridità quando prolungate condizioni di siccità, associate a temperature elevate (con forti tassi di evapotraspirazione), causano la disidratazione degli strati superficiali del suolo e conseguente sofferenza delle colture agricole.

Indice di aridità di De Martonne

L'indice di aridità di De Martonne (1923) classifica il carattere di aridità di un sito con la seguente formula:

$$A = P / (T + 10) \qquad (6)$$

dove: A, indice di aridità; P, precipitazioni medie annuali; T, temperatura media annuale. De Martonne definisce sei indici di aridità (Tab. 5).

Nel 1941 De Martonne modifica la sua formula, rendendola meno rigida, proponendo la seguente:

$$\frac{A = P/(T + 10) + 12 * p/(t + 10)}{2} \qquad (7)$$

dove: A, indice di aridità; P, precipitazioni medie annuali; T, temperatura media annuale; p, precipitazione media del mese più arido; t, temperatura media del mese più arido.

Microclima

Un microclima è un'anomalia di limitata estensione di uno o più parametri meteorologici, correlata alla presenza di particolarità ambientali, orografiche o morfologiche del territorio. Il fattore che mostra la massima capacità di isolamento rispetto alle caratteristiche dell'ambiente circostante è la temperatura, specialmente durante le ore notturne con cielo sereno e calma di vento. In tali condizioni, la superficie terrestre si raffredda sensibilmente a causa del processo radiativo verso lo spazio di notevoli quantità di energia termica attraverso la finestra dell'infrarosso. Il suolo molto freddo determina un raffreddamento dei bassi strati atmosferici, con sviluppo del fenomeno dell'inversione termica: tale processo è tipico delle vallate e delle conche, dove comporta temperature nettamente più basse rispetto ai versanti e alla sommità dei rilievi contigui. L'inversione termica è anche alla base dell'accumulo di inquinanti nei bassi strati atmosferici, con possibile sviluppo di crisi di smog. Nell'area geografica della provincia di Napoli, tipici sono i microclimi presenti sul fondo dei crateri vulcanici flegrei (Agnano, Astroni, Pisani) tali da generare il fenomeno dell'inversione vegetazionale. In un determinato contesto territoriale, anche l'uomo può contribuire a modificazioni di tipo microclimatico. L'urbanizzazione, eliminando superficie verde, riduce il processo di evapotraspirazione delle piante, di primaria importanza nella termo-igro regolazione di ambienti naturali o antropici. In zone densamente urbanizzate le temperature sono più elevate rispetto all'esterne, sia di giorno che di notte: tale condizione è detta Isola di Calore Urbano (UHI).

Cicloni tropicali e tornado

I cicloni tropicali e i tornado causano ogni anno migliaia di vittime e danni materiali di incommensurabile entità. Pertanto, è fondamentale individuare i fattori che condizionano la loro genesi ed violenza, soprattutto alla luce dell'incremento del numero ed intensità attribuibile al global warming (Ting et al., 2019). La struttura barica è caratterizzata da valori di pressione molto bassi, con una distribuzione delle isobare pressoché circolare e gradienti pressori molto forti. La differenza di pressione forza l'aria a muoversi e ad invorticarsi, fino a raggiungere velocità del vento di oltre 200 km/h. I cicloni tropicali si formano generalmente alle basse

$$K = (Aj + At + 0.25\ Df)/(0.36\varphi + 14) \times 100 \qquad (5)$$

where: Aj, annual temperature range; At, average daytime range; Df, quantity missing at saturation; φ, latitude. Ivanov defines the following degrees of seafaring and continentality (Tab. 4).

Drought and dryness

The term drought has a strictly meteorological value as it indicates a period with low rainfall. The term aridity, on the other hand, associates the lack of precipitation (rainfall aspect) with thermal conditions, soil conditions, and the agronomic factor, using parameters such as air temperature, permeability, and evapotranspiration. Aridity is defined as when prolonged drought conditions, associated with high temperatures (with high rates of evapotranspiration), cause dehydration of the surface layers of the soil and consequent suffering of crops.

Drought index by De Martonne

The aridity index of De Martonne (1923) classifies the aridity character of a site with the following formula:

$$A = P / (T + 10) \qquad (6)$$

where: A, dryness index; P, average annual precipitation; T, average annual temperature. De Martonne defines six aridity indices (Tab. 5). In 1941 De Martonne changed his formula, making it less rigid, proposing the following:

$$\frac{A = P/(T + 10) + 12 * p/(t + 10)}{2} \qquad (7)$$

where: A, aridity index; P, average annual rainfall; T, average annual temperature; p, average precipitation of the arid month; t, average temperature of the arid month.

Microclimate

A microclimate is an anomaly of limited extension of one or more meteorological parameters, related to the presence of environmental, orographic, or morphological particularities of the territory. The factor that shows the maximum capacity of isolation with respect to the characteristics of the surrounding environment is the temperature, especially during the night hours with clear skies and calm winds. In such conditions,

Grado di aridità		*A*
1	arido estremo	$0 < A < 5$
2	arido	$5 \leq A < 15$
3	semiarido	$15 \leq A < 20$
4	sub-umido	$20 \leq A < 30$
5	umido	$30 \leq A < 60$
6	per-umido	$A \geq 60$

Tab. 5 - Grado di aridità e valore dell'indice di aridità A di De Martonne / *Degree of aridity and value of De Martonne's aridity A index.*

the Earth's surface cools significantly due to the radiative process towards space of considerable amounts of thermal energy through the infrared window. The very cold soil causes a cooling of the low atmospheric layers, with the development of the phenomenon of thermal inversion: this process is typical of valleys and basins, where temperatures are much lower than on the slopes and at the top of the adjacent hills. Thermal inversion is also the basis for the accumulation of pollutants in the lower atmospheric layers, with possible development of smog crises. In the geographical area of Naples, typical are the microclimates present on the bottom of the Phlegraean volcanic craters (Agnano, Astroni, Pisani) such as to generate the phenomenon of vegetation inversion. In a given territorial context, man can also contribute to microclimatic changes. The urbanization, eliminating green surface, reduces the process of evapotranspiration of plants, very important in the thermo-hygro regulation of natural or anthropic environments. In densely urbanized areas, temperatures are higher than outside, both during the day and at night: this condition is called Urban Heat Island (UHI).

Tropical cyclones and tornadoes

Tropical cyclones and tornadoes cause thousands of deaths and immeasurable physical damage every year. Therefore, it is essential to identify the factors that influence their genesis and violence, especially in the light of the increase in the number and intensity attributable to global warming (Ting et al., 2019). The baric structure is characterized by very low-pressure values, with an almost circular isobar distribution and very strong pressure gradients. The difference in pressure forces the air to move and invigorate until it reaches wind speeds of over 200 km/h. Tropical cyclones are generally formed at low latitudes (between 5° and 20° latitude N and S), where solar radiation close to verticality causes significant warming of the sea surface (Sea Surface Temperature), with temperatures close to 30 °C. In tropical areas north of the equator the probability of a hurricane developing is highest at the end of the boreal summer (August), high in July and September, modest in June and October, almost nothing in the remaining months. The most frequent areas of cyclones are the Caribbean Sea (hurricanes), the seas around the Philippines, and the southern islands of Japan (typhoons), the Bay of Bengal (cyclones), and the northern coasts of Australia (willy-willy). The Gulf of Mexico (Caribbean area) is the area most affected by cyclones. In the United States, there is a government structure whose purpose is to detect (early detection) and monitor the evolution of all the perturbations that occur in the intertropical convergence zone, where almost all hurricanes originate; these generally have a first motion from east to west (both north and south of the equator), then as

latitudini (tra 5° e 20° di latitudine N e S), dove la radiazione solare poco discosta dalla verticalità determina un consistente riscaldamento della superficie del mare (*Sea Surface Temperature*), con temperature prossime a 30 °C. Nelle zone tropicali a nord dell'equatore la probabilità di sviluppo di un uragano è massima alla fine dell'estate boreale (agosto), alta a luglio e settembre, modesta a giugno ed ottobre, quasi nulla nei rimanenti mesi. Le zone con maggior frequenza di cicloni sono il Mar dei Caraibi (uragani), i mari intorno alle Filippine ed alle isole meridionali del Giappone (tifoni), il Golfo del Bengala (cicloni) e le coste settentrionali dell'Australia (*willy-willy*). Il Golfo del Messico (zona Caraibica) è l'area più colpita da cicloni. Negli Stati Uniti esiste una struttura governativa che ha lo scopo di individuare (*early detection*) e monitorare l'evoluzione di tutte le perturbazioni che si formano nella zona di convergenza intertropicale, dove quasi tutti gli uragani hanno origine; questi generalmente hanno dapprima un moto da est verso ovest (sia a nord che a sud dell'equatore), poi per effetto della forza di Coriolis piegano verso destra nell'emisfero nord e a sinistra in quello sud.

I tornado appartengono alla classe dei fenomeni convettivi ad alto impatto sulle zone investite (HCW-*Hazardous Convective Weather*) e come i cicloni, seppure in aree molto più ristrette, causano danni enormi. Poiché è un fenomeno convettivo, l'incremento di frequenza sembra correlabile all'incremento di energia termica disponibile in atmosfera connesso al global warming (Tippett et al., 2015). La fascia investita può variare da pochi metri ad alcuni kilometri, come nel caso dei tornado di massima intensità.

Le velocità del vento sono molto elevate e spesso stimabili solo in relazione alle conseguenze indotte dal transito del vortice stesso. La classificazione dell'intensità dei tornado (Tab. 6) si basa sulla scala Fujita (1971). La probabilità più elevata di sviluppo di tornado si ha in tarda primavera, si protrae a tutta l'estate e alla parte iniziale dell'autunno.

L'area del globo più colpita è quella degli Stati Uniti centrali (Texas, Oklahoma, Kansas, Nebraska, nord e sud Dakota). Gli eventi recenti più intensi, di grado F5, sono quelli del 3 maggio 1999 e 20 maggio 2013 che hanno entrambi colpito l'Oklahoma.

Sistemi morfoclimatici

I sistemi morfoclimatici o geomorfici (Fig. 2) sono regioni caratterizzate da processi dominanti classificate da Peltier (1950) mediante i dati delle temperature medie, le medie delle precipitazioni annuali, il clima (arido, periglaciale, ecc.) e la vegetazione (selva, savana, ecc.). In una regione morfogenetica un tipico insieme di processi di erosione, trasporto e deposizione concorre allo sviluppo di certe for-

Grado F	Vento (km/h)	Danni provocati
F0	64-116	Danni ai camini, spezza rami di alberi, abbatte alberi con radici superficiali, danni ai cartelloni e segnali stradali
F1	117-179	Stacca la superficie dei tetti, case mobili spostate dalle fondamenta o rovesciate, automobili in marcia spinte fuori strada
F2	180-253	Danni considerevoli. Tetti strappati dalle case, case mobili demolite, autorimesse abbattute, grossi alberi spezzati o sradicati, oggetti leggeri sollevati e trasformati in proiettili
F3	254-332	Tetto e qualche parete strappati via da case anche ben costruite, treni deragliati, la maggior parte degli alberi nelle aree boscose vengono sradicati, automobili sollevate da terra e trascinate
F4	333-419	Case ben costruite rase al suolo, strutture con fondamenta non profonde o leggere fatte volare a distanza, automobili sollevate in volo, oggetti scagliati con violenza come missili
F5	420-512	Case con strutture resistenti (in cemento armato) fortemente danneggiate; case resistenti sollevate e trascinate a grande distanza, fino alla disintegrazione, oggetti di notevoli dimensioni e peso volano come missili, coprendo grandi distanze. Devastazione complessiva

Tab. 6 - Classificazione dei tornado in base all'intensità (Fujita, 1971) / *Classification of tornadoes by intensity (Fujita, 1971).*

me del paesaggio. Non si considera l'intensità e ciclicità dei processi geomorfici nello sviluppo di morfologie, né le variazioni stagionali climatiche o gli eventi estremi (siccità, tempeste, alluvioni, ecc.), ma si assume come dominante la condizione media del clima. Ogni processo morfoclimatico in base all'estensione si suddivide in zonale (ghiacciai polari), azonale (azione eolica), extrazonale (ghiacciai dei rilievi tropicali) e polizonale (azione dell'acqua). Alcune forme possono essere zonali in una regione morfoclimatica ed extrazonali altrove: p.e., i calanchi sono zonali in clima semiarido ed extrazonali in clima umido dove una frana ha esposto una roccia di resistenza limitata a processi d'erosione da ruscellamento superficiale di acque piovane (Selby, 1985).

Clima del passato

Le glaciazioni sono periodi di raffreddamento climatico globale con espansione dei ghiacciai per cause astronomiche (eccentricità dell'orbita terrestre, oscillazione dell'inclinazione dell'asse terrestre, ecc.), variazioni dei volumi oceanici per la tettonica a zolle, eruzioni vulcaniche e albedo. Sono intervallate da stadi interglaciali miti. Nel Quaternario (ultimi 2 milioni di anni) vi sono state cinque glaciazioni, con nomi diversi sulle Alpi e in Nord America (Tab. 7). La loro durata varia da circa 60.000 ad oltre 100.000 anni. Durante le glaciazioni il livello marino si abbassa di centinaia di metri: fino circa a -120 m rispetto all'attuale 20.000 anni fa, durante l'ultima glaciazione, con notevoli variazioni morfologiche del paesaggio. Negli stadi interglaciali il livello marino risale per fusione dei ghiacci, sommergendo la terraferma (ingressione marina): nel Tirreniano (125.000 anni fa) ha superato quello attuale di circa +5,5 m.

Effetti al suolo correlabili al cambiamento climatico

Nelle ultime decadi si registrano modifiche dei regimi pluviometrici con minori accumuli annuali ed eventi pluviometrici di breve durata (<24 ore), ma di entità elevata. Anche l'area mediterranea, in particolare l'Italia, è stata colpita da tali fenomeni: dal 2010 si annoverano le alluvioni di Genova, Cinque Terre, Toscana (Livorno, Grosseto), Sicilia (Messina) e Sardegna, con danni ingenti e vittime (Rebora et al., 2013). Le precipitazioni di breve durata e grande intensità, in particolare se cadono su bacini idrografici di limitata estensione, possono scatenare alluvioni lampo (*flash floods*), colate detritiche (*debris flows*) o colate rapide di fango (*mudflows*) con effetti distruttivi in aree urbane.

Glaciazione	Intervallo (anni BP x1000)	Interglaciale
		Olocene
Würm (Wisconsin)	110-12	
		R-W (Sangamon)
Riss (Illinoian)	200-130	
		M-R (Yamouth)
Mindel (Kansan)	455-300	
		G-M (Aftonian)
Günz	680-620	
		D-G
Donau (Danube)	1200-920	

Tab. 7 - Glaciazioni e stadi interglaciali del Quaternario delle Alpi e Nord America / *Glaciations and interglacial stages of the Quaternary of the Alps and North America.*

a result of the force of Coriolis bend to the right in the northern hemisphere and to the left in the southern one. Tornadoes belong to the class of convective phenomena with a high impact on the invested areas (HCW-Hazardous Convective Weather) and like cyclones, even if in much narrower areas, they cause enormous damage. Since it is a convective phenomenon, the increase in frequency seems to be correlated to the increase in thermal energy available in the atmosphere connected to global warming (Tippett et al., 2015). The range invested can vary from a few metres to a few kilometres, as in the case of maximum intensity tornadoes. Wind speeds are very high and can often only be estimated in relation to the consequences induced by the transit of the vortex itself. The classification of the intensity of tornadoes (Tab.6) is based on the Fujita scale (1971).

The highest probability of tornado development occurs in late spring, lasts throughout the summer and the beginning of autumn. The area of the globe most affected is that of the central United States (Texas, Oklahoma, Kansas, Nebraska, north and south Dakota). The most intense recent events, grade F5, are those of 3 May 1999 and 20 May 2013, which have both affected Oklahoma.

Morphoclimatic systems

The morphoclimatic or geomorphic systems (Fig. 2) are regions characterized by dominant processes classified by Peltier (1950) using average temperature data, average annual rainfall, climate (arid, periglacial, etc.) and vegetation (selva, savannah, etc.). In a morphogenetic region, a typical combination of erosion, transport and deposition processes contributes to the development of certain forms of the landscape. The intensity and cyclicality of geomorphic processes in the development of morphologies, seasonal climatic variations or extreme events (droughts, storms, floods, etc.) are not considered, but the average climate condition is assumed to be the dominant factor. Each morphoclimatic process, based on its extension, is divided into zonal (polar glaciers), azonal (wind power), extra-zonal (tropical glaciers) and polyzonal (water power). Some forms may be zonal in a morphoclimatic region and extra-zonal elsewhere: e.g., gullies are zonal in a semi-arid climate and extra-zonal in a humid climate where a landslide has exposed a rock of limited resistance to erosion processes by surface runoff of rainwater (Selby, 1985).

Climate of the past

Glaciations are periods of global climate cooling with expansion of the glaciers due to astronomical causes (eccentricity of the Earth's orbit, oscillation of the inclination of the Earth's axis, etc.), variations in oceanic volumes for tectonic clods, vol-

canic eruptions and albedo. They are interspersed with mild interglacial stages. In the Quaternary (last 2 million years) there have been five glaciations, with different names in the Alps and North America (Tab. 7). Their duration varies from about 60,000 to over 100,000 years. During the glaciations the sea level drops by hundreds of meters: up to about -120 m compared to the current 20,000 years ago, during the last glaciations, with considerable morphological variations of the landscape. In the interglacial stages the sea level rises by melting of the ice, submerging the mainland (marine ingression): in the Tyrrhenian (125,000 years ago) has exceeded the current one by about +5.5 m.

Ground effects related to climate change

In the last decades there have been changes in rainfall regimes with lower annual accumulations and short (<24 hours) but large rainfall events. The Mediterranean area, in particular Italy, has also been affected by these phenomena: since 2010 there have been floods in Genoa, Cinque Terre, Tuscany (Livorno, Grosseto), Sicily (Messina) and Sardinia, with considerable damage and casualties (Rebora et al., 2013). Short-term and high intensity rainfall, especially if it falls on limited catchment areas, can trigger flash floods, debris flows or mudflows with destructive effects in urban areas.

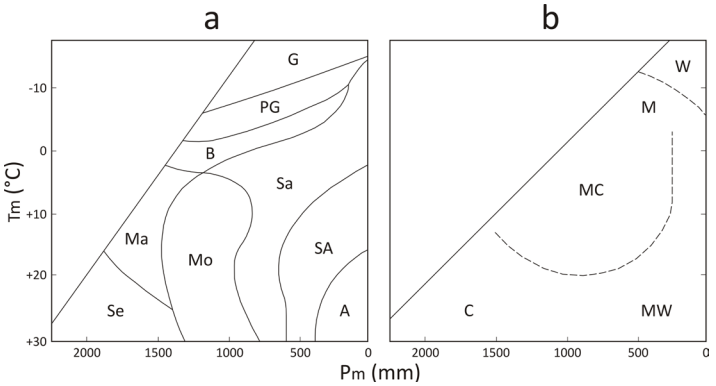


Fig. 2 - Diagrammi di Peltier (1950): regioni morfogenetiche (a) definite dalla correlazione tra processi dominanti (b) e medie annuali di piovosità (Pm) e temperatura (Tm). Il diagramma (b) non include i processi di tipo glaciale. Legenda: a) G, glaciale; PG, periglaciale; B, boreale; Ma, marittimo; Se, selva; Mo, moderato; Sa, savana; SA, semiarido; A, Arido; b) W, azione eolica; M, erosione meccanica; MC, erosione meccanica e alterazione chimica; C, alterazione chimica; MW, erosione meccanica ed azione eolica / *Peltier's diagrams (1950): morphogenetic regions (a) defined by the correlation between dominant processes (b) and annual averages of rainfall (Pm) and temperature (Tm). Diagram (b) does not include glacial processes. Legend: a) G, glacial; PG, periglacial; B, boreal; Ma, maritime; Se, selva; Mo, moderate; Sa, savannah; SA, semiarid; A, Arid; b) W, wind action; M, mechanical erosion; MC, mechanical erosion and chemical alteration; C, chemical alteration; MW, mechanical erosion and wind action.*

References

de Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K. & Tuomenvirta, H. (2007), "The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models", *Climatic Change 81(1)*, pp. 329-341, available at https://doi.org/10.1007/s10584-006-9224-1

De Martonne, E. (1941), "Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridità", *La meteorologie,* n. 1, pp. 3-20.

Fujita, T.T. (1971), *Proposed Characterization of Tornadoes and Hurricanes by Area and Intensity*, Satellite and Mesometeorology Research Project Paper 91, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago, IL.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, https://www.ipcc.ch/

Köppen, W. (1936), *Das geographische System der Klimate,* Handbuch der Klimatologie, vol.1, Part C (W. Köppen and R. Geiger eds). Gerbrüder Bornträger, Berlin, C1-C44.

Patton, C.P. (1962), "A note on the classification of dry climatein the Köppen system", *California Geographer*, 3, pp. 105-112.

Peltier, L.C. (1950), "The Geographical Cycle in Periglacial Regions as it is Related to Clymatic Geomorphology", *Annals of the Association of American Geographers,* 40(3), pp. 214-236, available at https://doi.org/10.1080/00045605009352070

Pinna, M. (1977), *Climatologia*, UTET, Torino.

Rebora, N., Casella, E., Comellas, A., Fiori, E., Parodi, A., Pignone, F., Siccardi, F., Silvestro, F., Tanelli, S. & Molini, L. (2013), "Extreme Rainfall in the Mediterranean: what can we learn from Observations?", *Journal of Hydrometeorology,* 14(3), pp. 906-922, available at https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-083.1

Selby, M.J. (1985), *Earth's Changing Surfaces: An introduction to Geomorphology*, Oxford University Press (Claredon), London/New York.

Strauss, B.H., Kulp, S. & Levermann, A. (2015), *Carbon choices determine US cities committed to futures below sea level*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112(44), pp. 13508-13513, available at https://doi.org/10.1073/pnas.1511186112

Ting, M., Kossin, J.P., Camargo, S.J. & Li, C. (2019), "Past and future hurricane intensity change along the U.S. East Coast", *Scientific Reports,* 9, 7795, available at https://doi.org/10.1038/s41598-019-44252-w

Tippett, M.K., Allen, J.T., Gensini, V.A. & Brooks, H.E. (2015), *Climate and Hazardous Convective Weather*, Current Climate Change Reports 1(2), pp. 60-73, https://doi.org/10.1007/s40641-015-0006-6

Trewartha, G.T. & Horn, L.H. (1980), *An Introduction to Climate*, McGraw Hill, New York.

Indicatori di impatto
Impact Indicators

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Definizione

L'ambiente è una realtà complessa che può venire compresa soltanto attraverso l'analisi di un elevato numero di fattori. Questo richiede indagini in campi diversi e l'utilizzo di metodi della fisica, della chimica, delle scienze della terra, della biologia, dell'ecologia dell'ecosistema e soprattutto dell'ecologia del paesaggio, disciplina di carattere olistico che, raccogliendo informazioni essenziali selezionate da altre discipline, analizza i rapporti tra i diversi fattori (IPCC, 2019).

Perciò sono necessarie competenze molto differenziate e spesso strumentazioni disponibili soltanto in laboratori specializzati. Anche la valutazione dei risultati richiede l'intervento di specialisti. Per questi motivi, già da tempo, si è posto il problema di individuare strumenti capaci di fornire un'informazione sintetizzando un certo numero di caratteristiche: gli indicatori.

«L'indicatore è un parametro, o un valore derivato da parametri, che indica/fornisce, informazioni sullo stato di un fenomeno/ambito/area con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro […] gli indicatori dovrebbero essere dunque considerati al pari di uno strumento in grado di fornire la miglior conoscenza disponibile» (OCSE, 1994).

Gli indicatori ambientali nascono dunque dall'esigenza di disporre di un dato che permetta di esprimere un giudizio, anche se largamente orientativo, sullo stato dell'ambiente. Le origini degli indicatori ambientali sono riconducibili a due tradizioni distinte: quella delle scienze sociali e quella delle scienze naturali ed ingegneristiche

Le due tradizioni si fondano su una differente nozione di ambiente. Per le scienze sociali l'ambiente è il contesto socio - economico entro il quale si svolge l'azione umana, per le scienze naturali esso è costituito dal contesto fisico e naturalistico in cui vivono gli individui. Le due tradizioni hanno dato vita nel corso dei decenni ad innumerevoli approcci teorici e metodologici i quali, pur con le debite differenze, possono essere accomunati dal tentativo di fornire metodi di misura della qualità della vita.

Gli indicatori propri delle scienze sociali sono finalizzati a quantificare il benessere, inteso come la disponibilità di risorse materiali atte a soddisfare le esigenze della vita umana. L'ambiente naturale è considerato sia come un fattore di benessere (e in tale accezione come una componente del *welfare*), sia come termine di riferimento dell'attuale concetto di sostenibilità. Gli indicatori formulati nell'ambito delle scienze naturali ed ingegneristiche, sono generalmente utilizzati per esprimere le condizioni chimico - fisiche delle componenti ambientali (aria, acqua, suolo) confrontate rispetto a standard variabili nel tempo e nello spazio in

Definition

The environment is a complex reality that can only be understood through the analysis of a large number of factors. This requires investigations in different fields and the use of methods of physics, chemistry, earth sciences, biology, ecosystem ecology and, above all, landscape ecology, a holistic discipline that, gathering essential information selected from other disciplines, analyses the relationships between the different factors (IPCC, 2019).

Therefore, are necessary requires highly differentiated skills and often instrumentation only available in specialized laboratories. The evaluation of the results also requires the intervention of specialists. For these reasons, the problem of identifying instruments capable of providing information by summarising a certain number of characteristics has been raised for some time: the indicators.

«*The indicator is a parameter, or a value derived from parameters, that indicates/provides information on the state of a phenomenal/range/area with a meaning that goes beyond what is directly associated with the value of the parameter […] Indicators should therefore be considered as a tool providing the best available knowledge*» *(OCSE, 1994).*

The environmental indicators are therefore born from the need to have a data that allows us to make a judgement, even if largely indicative, on the state of the environment. The origins of environmental indicators can be traced back to two distinct traditions: the social sciences and the natural and engineering sciences.

The two traditions are based on a different notion of environment. For the social sciences, the environment is the socio-economic context in which human action takes place, for the natural sciences it is the physical and naturalistic context in which individuals live. Over the decades, the two traditions have given rise to countless theoretical and methodological approaches, which, despite their differences, may be united by the attempt to provide methods for measuring the quality of life.

Social science indicators are finalized to quantify wellness, understood as the availability of material resources to meet the

needs of human life. The natural environment is considered not only as one of the factors of wellness, as a component of welfare, but also as a benchmark of the current concept of sustainability. The indicators formulated in the natural and engineering sciences are generally used to express the chemical-physical conditions of the environmental components (air, water, soil) compared to standards that vary in time and space according to the cognitive needs of those who define them. (Feldmann, 1937).

In literature, in addition to the definitions given by OCSE, the most accredited and recurrent attribute to the indicator the following meanings:

- *simple or complex entity that is used and measured instead of another entity for mental and practical operations (Malcevschi, 1987);*
- *synthetic representation of a complex reality, i.e. characteristic or set of characteristics that allow capturing a determinate phenomenon (Schimdt di Friedberg, 1987);*
- *parameter or value derived from parameters that provides information on a phenomenon and whose meaning goes beyond the properties directly associated with the value of the parameter (OECD, 1994);*
- *model that allows monitoring and communicating of information (Alberti & Bettini, 1996).*

Each definition immediately clarifies a number of important aspects. The intrinsic function of indicators is to indicate the state or change in state of a phenomenon that is not in itself subject to direct measurement. Data, even if properly organised, are not ipso facto of indicators. They become only when they are related to a phenomenon that is not directly and fully measured by them.

The indicator therefore represents the state and/or trend of certain conditions (i.e. environmental, social, economic) in a specific area and in a specific period of time.

Each indicator has a specific and often reductive character compared to the totality of the phenomenon it intends to represent. In order to describe the latter in the most reliable way, it is therefore essential to select a plurality of indicators that, not infrequently, are grouped into indices through statistical aggregation procedures in order to synthesize the information inferable from the single indicator. An index is therefore understood as the:

- *set of aggregated or weighted parameters or indicators (OECD, 1994);*
- *result of the aggregation of two or more indicators representing a synthetic value, derived both from the simplification of a data set and from the crossing of various evaluation criteria (Dansero, 1996);*
- *set of indicators or aggregated or weighted data that can*

funzione delle esigenze conoscitive di coloro che li definiscono (Feldmann, 1937).

In letteratura, oltre alle definizioni date dall'OCSE, quelle più ricorrenti ed accreditate attribuiscono all'indicatore i seguenti significati:

- entità semplice o complessa che viene utilizzata e misurata al posto di un'altra entità per operazioni mentali e pratiche (Malcevschi, 1987);
- rappresentazione sintetica di una realtà complessa, cioè caratteristica o insieme di caratteristiche che permettono di cogliere un determinato fenomeno (Schimdt di Friedberg, 1987);
- parametro o valore derivato da parametri che fornisce informazioni su un fenomeno e il cui significato va al di là delle proprietà direttamente associate al valore del parametro (OECD, 1994);
- modello che permette di monitorare e comunicare informazioni (Alberti & Bettini, 1996).

Ciascuna definizione chiarisce immediatamente una serie di aspetti importanti e non trascurabili. La funzione intrinseca degli indicatori è quella di indicare lo stato, o la variazione di stato, di un fenomeno che non sia di per sé assoggettabile a misurazione diretta. I dati, anche se opportunamente organizzati, non costituiscono *ipso facto* degli indicatori. Lo diventano solamente nel momento in cui sono messi in relazione con un fenomeno che non sia quello da essi direttamente e pienamente misurato.

L'indicatore rappresenta, quindi, lo stato e/o il *trend* di certe condizioni (i.e. ambientali, sociali, economiche) su una determinata area ed in uno specifico periodo di tempo.

Ogni indicatore ha un carattere specifico e spesso riduttivo rispetto alla globalità del fenomeno che intende rappresentare. Per descrivere nel modo più attendibile quest'ultimo è perciò indispensabile selezionare una pluralità di indicatori i quali, non di rado, vengono accorpati in indici attraverso procedure di aggregazione di tipo statistico al fine di sintetizzare l'informazione desumibile dal singolo indicatore. Un indice è perciò descrivibile come:

- il set di parametri o indicatori aggregati o pesati (OECD, 1994);
- il risultato dell'aggregazione di due o più indicatori e come tale rappresenta un valore sintetico, derivato sia dalla semplificazione di un insieme di dati, sia dall'incrocio di vari criteri di valutazione (Dansero, 1996);
- l'insieme di indicatori o dati aggregati o pesati che può anche essere definito come indicatore pluridimensionale (Cagnoli, Di Bella & Zavatti, 1997).

La formulazione di indicatori ambientali è più difficoltosa rispetto a quella di indicatori relativi ad altri settori di indagine. I fattori da considerare sono molteplici (ad esempio l'attività di una centrale termoelettrica, è misurabile attraverso la quantità di combustibile utilizzato, l'anidride solforosa emessa, espressa in percentuale, la moria degli alberi di un bosco situato sottovento). La stessa scelta dell'aspetto della realtà da misurare è effettuata rispetto all'importanza ad esso attribuita nel facilitare la comprensione del problema in esame, oppure rispetto alle priorità dell'indagine. La scientificità dell'indicatore risiede dunque nel rendere esplicito il modello di riferimento da cui derivano i criteri di costruzione e di misurazione dell'indicatore stesso.

Gli indicatori ambientali e gli indici vengono generalmente classificati in funzione degli obiettivi dell'indagine per cui sono formulati: il monitoraggio dell'ambiente; la corretta gestione delle risorse ambientali; la riparazione dei dan-

ni ambientali; la possibilità di anticipare e prevenire danni ambientali imprevisti; la valutazione dell'efficacia delle politiche, l'informazione al pubblico; la valutazione di impatto ambientale; la valutazione economica dei progetti ambientali (Malcevschi, 1987).

Gli indicatori inoltre possono essere quantitativi e qualitativi. Generalmente, gli indicatori quantitativi sono quelli che sono esprimibili mediante un numero (il valore della temperatura media, una superficie espressa in percentuale del totale, la consistenza di una popolazione misurata come numero di individui). Tuttavia, possono essere considerati tali, anche quegli indicatori che permettono di effettuare la quantificazione di fenomeni che non sono direttamente esprimibili numericamente ma attraverso una valutazione di presenta/assenza del fenomeno oppure di alternativa.

Gli indicatori qualitativi sono invece quelli che traducono in una forma quantificabile o intelligibile, parametri comunemente non misurabili ma determinanti per la qualità dell'ambiente e della vita (indicatori che esprimono la vivibilità e la gradevolezza degli spazi costruiti e naturali, l'accessibilità, la fruibilità, il comfort).

È utile richiamare brevemente alcuni concetti chiave che facilitino la comprensione e la distinzione tra le differenti categorie di indicatori che intervengono nella catena di informazioni necessarie nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici (Bonafè, 2006).

Sono definiti indicatori climatici quegli indicatori che hanno lo scopo di descrivere i cambiamenti del clima nel corso del tempo (ad es. precipitazioni cumulate, temperature medie, temperature estreme, ecc.), siano essi dovuti alla variabilità naturale o alle attività umane, e di comprendere le cause degli impatti dei cambiamenti climatici.

Sono, invece, indicatori di impatto dei cambiamenti climatici quelli che hanno l'obiettivo di descrivere gli impatti che le variazioni climatiche producono sulle funzioni ecologiche, sociali ed economiche nonché sulla salute umana ed animale, quali ad esempio l'aumento della temperatura, la modifica delle temperature medie o delle precipitazioni stagionali, ecc. (EEA, 2012).

È necessario sottolineare inoltre che gli indicatori di impatto dei cambiamenti

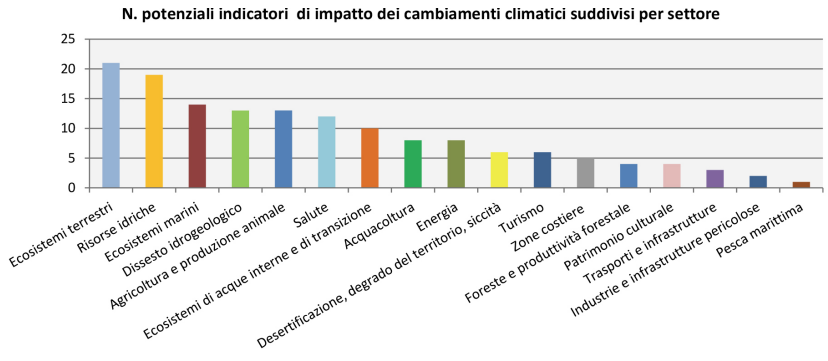


Fig. 1 - Suddivisione per settore dei potenziali indicatori di impatto dei cambiamenti climatici / *Subdivision by sector of potential impact indicators of climate change* (Source: Ingegneria dell'Ambiente Vol. 5 n. 3/2018).

also be defined as a multidimensional indicator (Cagnoli, Di Bella & Zavatti, 1997).

The formulation of environmental indicators is more difficult than that of indicators in other areas of investigation. There are many factors to consider, (the activity of a thermoelectric power plant, measurable in quantity of fuel used, the sulphur dioxide emitted, expressed as a percentage, the death of trees in a forest located downwind). The same choice of the aspect of reality to be measured is made with respect to the importance attributed to it in facilitating the understanding of the problem under examination, or with respect to the priorities of the survey. The scientificity of the indicator therefore lies in making explicit the reference model from which the construction and measurement criteria of the indicator itself derive.

Environmental indicators and indices are generally classified according to the goals of the survey for which they are formulated: monitoring of the environment; proper management of environmental resources; remedying environmental damage; anticipating and preventing unforeseen environmental damage; assessing the effectiveness of policies, informing the public; environmental impact assessment; economic evaluation of environmental projects (Malcevschi, 1987).

The indicators can also be quantitative and qualitative. Generally, quantitative indicators are those that can be expressed by a number (the value of the average temperature, an area expressed as a percentage of the total, the size of a population measured as a number of individuals). However, is possible to consider also the indicators that quantify a phenomenon that cannot be directly expressed numerically but through an evaluation of presentation/absence of the phenomenon or as an alternative.

Qualitative indicators, instead, are those that translate into a quantifiable or intelligible form, parameters that are commonly not measurable but are decisive for the quality of the environment and life (indicators that express the liveability and pleasantness of built and natural spaces, accessibility, usability, comfort).

Therefore, it is useful to brief recall some key concepts that facilitate understanding and distinction between the different categories of indicators involved in the chain of information needed in climate change adaptation (Bonafè, 2006).

Climate indicators are defined the indicators that aim to describe climate change over time (e.g. cumulative precipitation, average temperatures, extreme temperatures, etc.), whether due to natural variability or human activities, and to understand the causes of climate change impacts.

The impact indicators of climate change are those that aim to describe the impacts of climate change produce on ecologi-

cal, social and economic functions and on human and animal health, such as temperature increases, changes in average temperatures or seasonal rainfall, etc. (EEA, 2012).

It is necessary to underline that impact indicators of climate change should be distinguished from vulnerability indicators of climate change, aimed at understanding territorial, economic and social vulnerabilities to climate impacts (EEA, 2016).

Another type of indicators are the adaptation indicators of climate change, aimed at monitoring and evaluating progress towards adaptation (IPCC, 2014). They are divided into two different categories:

- *indicators based on the process: defined in order to monitor progress in the implementation of adaptation measures;*
- *indicators based on the result: aim to measure the effectiveness of policies and adaptation measures in achieving the desired results.*

Evolution of the term

The advancement of scientific research on the assessment of climate change impacts has achieved important results in recent years, which increase confidence in the expected scenarios and the level of consensus towards proactive policies (FEA, 2015). In order for these results to be usable in planning and programming activities, is appropriate that synthetic indicators translate technical information and make it applicable in the exercise of governance at different levels and in different sectoral areas.

It may thus be possible to use future climate scenarios not only to define with increasing precision what tomorrow's climate will be but also to assess the variation induced on the impact indicator, which is characterised by its own sensitivity and response to climate change (IPCC, 2018).

Assessment through impact indicators can also enhance climate change adaptation actions and measures which, although based on scenarios characterised by uncertainty, lead to large-scale environmental benefits and are therefore successful even in contexts not completely sure.

Impact indicators should be integrated into an integrated system together with vulnerability and adaptation and more generally "response" indicators, historically framed within the logic of the approach DPSIR (DrivingForces, Pressure, State, Impact, Response) promoted by the European Environment Agency (EEA), as by the German Federal Environmental Agency in the document Evaluation of the GermanStrategy for Adaptation to ClimateChange (DAS) (Umweltbundesamt, 2010) - Reporting and ClosingIndicator Gaps (Umweltbundesamt, 2015).

In order to better understand the evolution of the term impact indicator, it is appropriate to define that it is not only extre-

climatici vanno distinti dagli indicatori di vulnerabilità ai cambiamenti climatici, finalizzati invece alla comprensione delle vulnerabilità territoriali, economiche e sociali agli impatti climatici (EEA, 2016).

Ulteriore tipologia di indicatori è quella degli indicatori di adattamento ai cambiamenti climatici, finalizzati al monitoraggio ed alla valutazione del progresso verso l'adattamento (IPCC, 2014).

Essi sono suddivisi in due differenti categorie:

- indicatori basati sul processo: sono definiti al fine di monitorare il progresso nell'implementazione delle misure di adattamento;
- indicatori basati sul risultato: hanno lo scopo di misurare l'efficacia delle politiche e delle misure di adattamento nel raggiungere i risultati desiderati.

Evoluzione del termine

L'avanzamento della ricerca scientifica sulla valutazione degli impatti del cambiamento climatico, ha raggiunto in questi ultimi anni importanti risultati, che incrementano la confidenza sugli scenari attesi e il livello di consenso verso politiche proattive (FEA, 2015). Affinché questi risultati siano utilizzabili nelle attività di programmazione e pianificazione, è opportuno che indicatori sintetici traducano l'informazione tecnica e la rendano applicabile nell'esercizio della *governance* a diversi livelli e nei diversi ambiti settoriali.

Può essere così possibile utilizzare gli scenari climatici futuri non solo per definire con crescente precisione quale sarà il clima di domani, ma anche per valutare la variazione indotta sull'indicatore di impatto, caratterizzato da una sensibilità e una risposta propria alle variazioni climatiche (IPCC, 2018).

La valutazione attraverso indicatori di impatto può inoltre valorizzare azioni e misure di adattamento al cambiamento climatico che, ancorché basate su scenari caratterizzati da incertezza, determinano benefici ambientali su vasta scala e risultano quindi vincenti anche in contesti non completamente certi.

Gli indicatori di impatto devono confluire in un sistema integrato insieme ad indicatori di vulnerabilità e indicatori di adattamento e più in generale di "risposta", storicamente inquadrati nella logica dell'approccio DPSIR (*DrivingForces, Pressure, State, Impact, Response*) promossa dall' EEA (Agenzia Europea dell'Ambiente), come proposto, ad esempio, dall'Agenzia Ambientale Federale

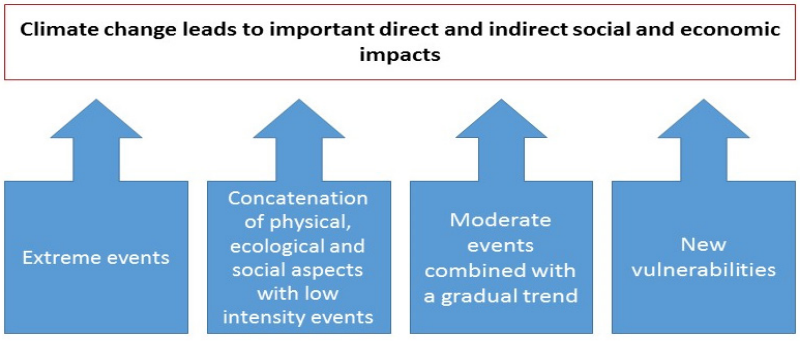


Fig. 2 - Modalità con cui il cambiamento climatico genera gli impatti / *How climate change generates impacts* (Source: ARPA Piemonte, 2016).

tedesca nel documento *Evaluation of the GermanStrategy for Adaptation to ClimateChange* (DAS) (Umweltbundesamt, 2010) - *Reporting and Closing Indicator Gaps* (Umweltbundesamt, 2015).

Per comprendere meglio l'evoluzione del termine indicatore di impatto è opportuno definire che non sono solo gli eventi estremi a generare impatti "estremi"; questi sono dovuti anche ad eventi moderati in un contesto alterato da modificazioni graduali o alla concatenazione con altri effetti sinergici o, ancora, alla nascita di nuove vulnerabilità (fisiche, sociali o economiche) in un mondo in cambiamento (Fig. 2).

Come illustrato in Figura 2 gli impatti dei cambiamenti climatici variano non solo in base al clima, ma anche alle condizioni geografiche e socio-economiche dei territori, alla loro esposizione e alle condizioni di vulnerabilità (determinata a sua volta dalla sensibilità al cambiamento esterno, e dalla resilienza, ossia dalla capacità del sistema socio-economico di riorganizzarsi a fronte di un disturbo esterno al fine di mantenere le sue funzioni e la sua identità mettendo in campo risorse materiali e immateriali).

Gli impatti dei cambiamenti climatici possono essere diretti, quando cioè la forzante meteoclimatica agisce direttamente sulla matrice di impatto (es. impatto diretto dell'aumento della temperatura/variazione dei regimi di precipitazione nevosa sui ghiacciai); o indiretti, quando l'impatto è mediato da fattori non-climatici a loro volta conseguenza di fattori climatici (es. impatto indiretto dell'aumento della temperatura/variazione dei regimi di precipitazione sullo stato di conservazione degli habitat con conseguente perdita di specie endemiche).

Nella maggior parte dei casi, almeno in contesti particolarmente vulnerabili come l'area mediterranea, gli impatti dei cambiamenti climatici sono negativi, sono causa cioè di un danno o una perdita (es. perdita della biodiversità, aumento della mortalità per ondate di calore), oppure, in casi ben più rari, positivi, qualora forniscano delle opportunità (es. nuovi business per il settore industriale in materia di nuovi materiali da costruzione e isolamento, sistemi di climatizzazione, ecc.) (MATTM, 2015).

Gli indicatori di impatto rappresentano, infine, una delle categorie di indicatori utili ai fini del monitoraggio dell'adattamento: gli obiettivi di un sistema di MVR (Monitoraggio, Valutazione e Reporting), infatti, variano a seconda che si desideri monitorare il progresso nell'implementazione delle misure di adattamento (indi-

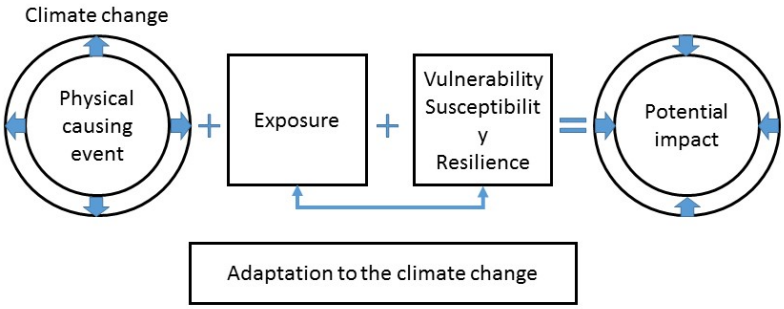


Fig. 3 - Rappresentazione degli effetti del cambiamento climatico e dell'adattamento / *Representation of the effects of climate change and adaptation* (Source: ARPA Elaboration Piemonte by IPCC, 2014).

me events that generate "extreme" impacts; these are also due to moderate events in a context altered by gradual changes or concatenation with other synergistic effects or the emergence of new vulnerabilities (physical, social or economic) in a changing world. (Fig. 2).

As shown in Figure 2, the impacts of climate change vary not only according to the climate, but also to the geographical and socio-economic conditions of the territories, their exposure and vulnerability (determined in turn by sensitivity to external change, and resilience, i.e. the capacity of the socio-economic system to reorganize itself in the face of an external disturbance in order to maintain its functions and identity by deploying tangible and intangible resources).

The impacts of climate change can be direct, i.e. when the meteo-climatic forcer acts directly on the impact matrix (e.g. direct impact of the increase in temperature/variation of snow precipitation regimes on glaciers), or indirect, when the impact is mediated by non-climatic factors as a consequence of climatic factors (e.g. indirect impact of the increase in temperature/variation of precipitation regimes on the conservation status of habitats with consequent loss of endemic species).

In most cases, at least in particularly vulnerable contexts such as the Mediterranean area, the impacts of climate change are negative, i.e. they cause damage or loss (i.e. loss of biodiversity, increased mortality from heat waves), or, in much rarer cases, positive, if they provide opportunities (i.e. new business for the industrial sector in new building and insulation materials, air conditioning systems, etc.) (MATTM, 2015).

At last, impact indicators represent one of the categories of indicators useful for adaptation monitoring: the objectives of a Monitoring, Evaluation and Reporting (MVR) system, in fact, vary depending on whether you want to monitor progress in the implementation of adaptation measures (process indicators) or measure the effectiveness of adaptation measures in achieving predetermined results (result indicators).

In this second case, depending on the monitoring objective (i.e. reduction of impacts, reduction in sensitivity, reduction in exposure, reduction in vulnerability, increase in resilience, increase in adaptive capacity, etc.), specific indicators should be used to measure the change that has occurred. Of course, it is assumed that the same indicators are used in the phase prior to the implementation of the actions, in order to determine the initial reference situation against which to make the comparison. Measuring the progress and effectiveness of adaptation actions without having established the baseline situation, in fact, could result in a poorly meaningful evaluation.

The indicators are therefore valid tools because, through the description of the context that they communicate and the inte-

grated reading of the relationships between the different components, it is possible to identify the elements of risk through the analysis and evaluation of the impacts of climate change on the built environment and, consequently, to define the strategy of action (Commissione Europea, 2013). They should therefore be considered as a tool providing the best available knowledge. In fact, the indicator provides information on the state of a phenomenon with a meaning that goes beyond what is directly associated with the value of the parameter.

catori di processo) o misurare l'efficacia delle misure di adattamento nel raggiungere i risultati prestabiliti (indicatori di risultato).

In questo secondo caso, in funzione dell'obiettivo del monitoraggio (i.e. riduzione degli impatti, riduzione della sensitività, riduzione dell'esposizione, riduzione della vulnerabilità, aumento della resilienza, aumento della capacità adattiva, ecc.), dovranno essere utilizzati specifici indicatori che consentano la misurazione dell'avvenuto cambiamento. Naturalmente si presuppone che gli stessi indicatori siano utilizzati nella fase precedente all'implementazione delle azioni, al fine di determinare la situazione di riferimento iniziale rispetto alla quale effettuare il confronto. Misurare il progresso e l'efficacia delle azioni di adattamento senza aver stabilito la situazione di riferimento potrebbe, infatti, risultare in una valutazione scarsamente significativa.

Gli indicatori quindi sono validi strumenti in quanto attraverso la descrizione del contesto che essi comunicano e la lettura integrata delle relazioni tra le diverse componenti, è possibile individuare gli elementi di rischio attraverso l'analisi e la valutazione degli impatti del climate change sul costruito e, di conseguenza, definire la strategia di azione (Commissione Europea, 2013). Essi dovrebbero essere dunque considerati al pari di uno strumento in grado di fornire la miglior conoscenza disponibile. Infatti l'indicatore fornisce informazioni sullo stato di un fenomeno con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro.

References

Agenzia Europea per l'Ambiente (2016), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, EEA N. 1/2017.

Alberti, M. & Bettini, V. (1996), "Sistemi urbani ed indicatori di sostenibilità", in Bettini, V. (ed), *Elementi di ecologia urbana*, Einaudi, Torino.

Bonafè, G. (2006), *Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione*, ARPA Emilia-Romagna.

Cagnoli, P., Di Bella, G. & Zavatti, A. (1997), "Esigenze e carenze di dati ed indicatori", Proceedings of Annual Conference of Agenzie Ambientali, Torino.

Commissione Europea (2013), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, COM (2013) 216 final.

Dansero, E. (1996), "Gli indicatori ambientali", in Segre A. & Dansero E. (eds), *Politiche per l'ambiente*, Utet, Torino.

EUROPA: EEA Report 12/2012 - *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report.*

Feldmann, J. (1937), "Researches sur le vegetation marine de la Mediterranée. La côte des Alberes", *Revue Algologique,* vol. 10, 1-339.

Flanders Environment Agency (2015) - *MIRA Climate Report 2015: About observed and future climate changes in Flanders and Belgium*.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), *Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Working Group II, Assessment Report on Climate change.

IPCC (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.*

IPCC Report (2019), *Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems,* Special Report on Climate Change.

Malcevschi, S. (1987), "Indicatori eterogenei e bilanci d'impatto ambientale. Elementi per un paradigma di collegamento", in Schimdt di Friedberg P., (ed), *Gli indicatori ambientali: valori, metri e strumenti nello studio dell'impatto ambientale*, Franco Angeli, Milano.

MATTM (2015), *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia* (SNAC, 2015).

OECD (1994), *Environmental Indicators*, Oecd, Paris.

Schmidt Di Friedberg, P. (1987), *Gli indicatori ambientali: valori, metri e strumenti nello studio dell'impatto ambientale*, Franco Angeli, Milano.

UmweltBundesamt (2010), *Establishment of an Indicator Consept for the German Strategy on Adaptation to Climate Change (DAS).*

Umweltbundesamt (2015), *Evaluation of the German Strategy for Adaptation to Climate Change (DAS) - Reporting and Closing Indicator Gaps.*

Vulnerabilità ai rischi naturali
Vulnerability to Natural Hazards

Mattia Federico Leone, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il concetto di "vulnerabilità" è centrale nella ricerca sui cambiamenti climatici e nelle discipline che si occupano di valutazione e gestione del rischio (dall'ingegneria alla finanza), ma anche di sanità pubblica, sviluppo economico, inclusione sociale, politica alimentare. Ognuna di queste comunità scientifiche ha sviluppato i propri modelli concettuali, affrontando spesso problemi e processi simili usando un linguaggio diverso. Il termine "vulnerabilità", in particolare, è stato concettualizzato in molti modi differenti da studiosi di diverse aree scientifiche e persino all'interno della stessa comunità di ricerca (Liverman, 1990; Fussel, 2005; Janssen et al. 2006), al punto che in passato è stato considerato in alcuni casi come «un termine di così ampio uso da essere quasi inutile per un'attenta descrizione […], tranne che come indicatore retorico riferito ad aree di maggiore preoccupazione» (Timmermann, 1981, p.17).

L'esistenza di diverse concettualizzazioni e terminologie è diventata particolarmente problematica negli ultimi anni, quando la necessità di conciliare approcci, metodi e strategie operative riferite agli ambiti *Disaster Risk Management* (DRM), *Disaster Risk Reduction* (DRR) e *Climate Change Adaptation* (CCA) è emersa come priorità nelle agende globali (Hyogo Framework for Action 2005-2015; Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2020). La natura trasversale di tali sfide richiede l'intensa collaborazione di studiosi di diverse ambiti di ricerca, quali la scienza del clima, la gestione e valutazione dei rischi, studi economici, politici e sociali. Questa collaborazione deve basarsi su una terminologia coerente che consenta ai ricercatori di diverse discipline di comunicare in modo chiaro e trasparente nonostante le differenze nei modelli concettuali applicati (Laroui & van der Zwaan, 2001; EEA, 2017).

È infatti ampiamente riconosciuto come le comunità del "*Disaster Risk*" e del "*Climate Change*" abbiano lavorato in modo isolato, minando così l'obiettivo di garantire in modo efficace un approccio globale alla gestione del rischio, integrando tutte le categorie di *hazard* naturali e tecnologici, sostenendo azioni efficaci a livelli di governo locale, nazionale e internazionale. I principali vantaggi di un approccio sinergico vanno dalla riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici attraverso una più diffusa attuazione di misure di DRR che favoriscono l'adattamento climatico, a un uso più efficiente e sostenibile delle risorse finanziarie, umane e naturali per ridurre le condizioni di rischio (Leone, 2019; Mysiak et al., 2018).

Una comprensione condivisa di come applicare il concetto di "vulnerabilità" per supportare le valutazioni di rischio e di impatto e orientare le politiche di riduzione del rischio e di adattamento rappresenta quindi una priorità in molteplici ambiti di ricerca, tra cui le discipline architettoniche e urbane, sempre più chia-

"Vulnerability" describes a central concept in climate change research as well as in the scientific domains dealing with risk assessment, disaster risk management, public health, economic development, social inclusion, food policy. Each of these communities has developed their own conceptual models, often addressing similar problems and processes using different language. The term 'vulnerability', in particular, is conceptualized in many different ways by scholars from different research areas, and even within the same research community (Liverman, 1990; Fussel, 2005; Janssen et al. 2006), to the point that in the past it has been considered in some cases as «a term of such broad use as to be almost useless for careful description […] except as a rhetorical indicator of areas of greatest concern» (Timmermann, 1981, p. 17).

The existence of different conceptualizations and terminologies of vulnerability has become particularly problematic in recent years, when the need to reconcile approaches, methods and operational strategies related to the research/practice domains of Disaster Risk Management (DRM), Disaster Risk Reduction (DRR) and Climate Change Adaptation (CCA) arose as a priority in global agendas (Hyogo Framework for Action 2005-2015; Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2020). The cross-cutting nature of such challenges requires the intense collaboration of scholars from different research areas, such as climate science, disaster management, risk assessment, social, economic, and policy studies. This collaboration must be based on a consistent terminology that facilitates researchers from different disciplines to communicate clearly and transparently despite differences in the conceptual models applied (Laroui and van der Zwaan, 2001; EEA, 2017).

It is in fact widely acknowledged how the "disaster risk" and "climate change" communities have been working in isolation, thus undermining the goal of effectively ensuring a comprehensive risk management approach, encompassing all categories of natural and technological hazards, supporting effective actions at local, national and international levels of government. The main benefits of a synergised approach range

from the reduction of climate change-related losses through more widespread implementation of DRR measures linked with adaptation, to a more efficient and sustainable use of financial, human and natural resources to reduce risk conditions (Leone, 2019; Mysiak et al., 2018).

A shared understanding of how to apply the "vulnerability" concept to support risk and impact assessments, and to streamline risk reduction and adaptation policies, represents therefore a priority in multiple research domains including architecture and urban disciplines, which are increasingly called to support the transitions towards more sustainable and resilient transformations of the built environment. The integration of DRR and CCA strategies can in this sense represent a paradigm shift from a risk assessment focused on single hazards to a systemic approach that points to the increase in the resilience of the different physical, social and functional components that characterize urban systems.

A clarification is needed here to precise the difference between "risk" and "impact": The risk is the probability that a given damage level (e.g. on people, building, infrastructure, etc.), because of an hazard event (understood as a potentially damaging physical event, phenomenon or human activity characterized by its location, intensity, frequency and probability), is reached in a given period of time, in a specific geographic area. Thus, risk has to be intended as a cumulative assessment that considers the total potential damages that can be induced in the same area by several events (with different intensities or return periods) in a prefixed time window. The impact scenario, instead, represents the probabilistic distribution, in a given geographic area, of te damage induced by a single hazard event with an assigned probability of occurence (assumed as reference hazard scenario). The equation used for risk assessment can then be extended to impact scenario analyses, resulting in $I_{ref_event} = H_{ref_event}$ *x E x V, with H assumed as reference event.*

To explore the vulnerability definition from a holistic perspective, two different complementary frameworks can be identified, both consolidated in the broad domain of Disaster Risk Management (Coburn et al. 1994), here proposed as "risk assessment framework" and "risk governance framework".

In the "risk assessment framework", vulnerability – as originally defined in risk science and theory of decisions (UNDRO, 1980; UN DHA, 1993; Coburn et al., 1994) – is a mathematical function defined as the degree of loss to a given element at risk, or set of such elements, expected to result from the impact of a hazard of a given magnitude. It is specific to each hazard/element at risk combination, and expressed on a "damage scale" (from no "damage" to "total damage").

Such approach considers vulnerability as one of the three mate a sostenere la transizione verso modalità di trasformazione dell'ambiente costruito più sostenibili e resilienti. L'integrazione delle strategie DRR e CCA può in questo senso rappresentare un cambio di paradigma, passando da una valutazione del rischio focalizzata sui singoli hazard a un approccio sistemico che punta all'aumento della resilienza delle diverse componenti fisiche, sociali e funzionali che caratterizzano i sistemi urbani.

È necessario qui un chiarimento per precisare la differenza tra «rischio» e «impatto»: il rischio è la probabilità che un determinato livello di danno (ad esempio su persone, edifici, infrastrutture, ecc.), a causa di un *hazard* (inteso come un evento fisico, fenomeno o attività umana potenzialmente dannoso caratterizzato mediante la sua posizione, intensità, frequenza e probabilità), viene raggiunto in un determinato periodo di tempo, in una specifica area geografica. Pertanto, il rischio deve essere inteso come una valutazione cumulativa che considera i danni potenziali totali che possono essere indotti nella stessa area da più eventi (con intensità o periodi di ritorno diversi) in una finestra temporale prefissata. Lo scenario di impatto, invece, rappresenta la distribuzione probabilistica, in una data area geografica, del danno indotto da un singolo evento di pericolo con una probabilità di occorrenza assegnata (assunto come scenario di pericolo di riferimento). L'equazione utilizzata per la valutazione del rischio può quindi essere estesa alle analisi dello scenario di impatto, risultando in Iref_event = Href_ event x E x V, con H assunto come evento di riferimento (Zuccaro et al. 2018).

Per esplorare la definizione di vulnerabilità in una prospettiva olistica è possibile identificare due diversi *framework* complementari, entrambi consolidati nell'ampio campo del DRM (Coburn et al. 1994), qui proposti come "*framework* di valutazione del rischio" e "framework di governance del rischio" .

Nel "framework di valutazione del rischio" la vulnerabilità – così come originariamente definita nell'ambito della scienza del rischio e della teoria delle decisioni (UNDRO, 1980; UN DHA, 1993; Coburn et al., 1994; Woo, 1999) – è una funzione matematica definita come il livello di danno atteso per un dato elemento a rischio, o insieme di elementi, in seguito all'impatto di un hazard di una determinata entità. Essa è specifica per ogni combinazione di *hazard* / elemento a rischio ed è espressa su una "scala di danno" (da "nessun danno" a "danno totale").

Tale approccio considera la vulnerabilità come una delle tre componenti del rischio, definito come un prodotto (in termini di convoluzione probabilistica) di hazard (H), esposizione (E) e vulnerabilità (V), secondo la nota relazione R=HxExV. Questo *framework* concettuale è anche adottato dal *Fifth Assessment Report* dell'IPCC (AR5) – con un cambiamento radicale rispetto ai precedenti report AR2, AR3 e AR4 – esplorando ulteriormente il significato di questa equazione: «I rischi derivanti dagli impatti dei cambiamenti climatici dipendono dall'interazione tra hazard (innescato da un evento o una tendenza legata ai cambiamenti climatici), vulnerabilità (suscettibilità al danno) ed esposizione (persone, risorse o ecosistemi a rischio)» (IPCC, 2014, p. 36). La vulnerabilità viene quindi qui definita come "suscettibilità al danno" di un determinato "elemento esposto" (persone, risorse, ecosistemi) sotto l'effetto di un determinato pericolo (sia esso ad insorgenza rapida o lenta). In altre parole, la vulnerabilità rappresenta «la propensione o la predisposizione a essere colpiti negativamente» (IPCC, 2014, p. 128).

Per obiettivi più generali di tipo socio-economico e analisi alla macroscala (sia geografica che per settori), la vulnerabilità è un concetto meno rigorosamente defi-

nito. Il "framework di governance del rischio" (cfr. il contributo "Adattamento climatico e governance del rischio", nel presente volume) comprende considerazioni sia del valore intrinseco degli elementi interessati sia del loro valore funzionale nel contribuire in generale alla resilienza ambientale e socio-economica, e in particolare alla risposta in fase di emergenza e di recupero post disastro. In molti casi è necessario (e sufficiente) limitarsi a classificazioni qualitative in termini di "alto", "medio" e "basso" o informazioni non di dettaglio riguardanti gli impatti attesi. Lo stesso AR5 integra la definizione precedente aggiungendo che la vulnerabilità «comprende una varietà di concetti ed elementi tra cui la sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte e adattarsi» (Oppenheimer et al., 2014, p. 5). Questa seconda parte della definizione recupera i termini chiave – "capacità di adattamento" (*adaptive capacity*), "capacità di far fronte" (*coping capacity*) – che nei precedenti report IPCC erano considerati componenti di vulnerabilità insieme a *hazard* ed esposizione, generando così un fraintendimento rispetto alla concettualizzazione più consolidata definita in seno alla scienza del rischio. L'AR5 chiarisce inoltre che il concetto di "sensibilità" è considerato sinonimo di "suscettibilità al danno", e quindi finalmente riallineato con la definizione di vulnerabilità nel "*framework* di valutazione del rischio". Questo aspetto è stato chiarito per la prima volta nello *Special Report* IPCC pubblicato nel 2012, tra AR4 e AR5, nel descrivere le analogie tra le definizioni di vulnerabilità negli ambiti DRM e CCA, sottolineando che per suscettibilità / fragilità (nella gestione del rischio di catastrofi) o sensibilità (nell'adattamento ai cambiamenti climatici) si intende la predisposizione fisica di esseri umani, infrastrutture e ambiente a essere colpiti da un fenomeno pericoloso a causa della mancanza di resistenza, ma anche a causa della predisposizione della società e degli ecosistemi a subire danni a causa di condizioni intrinseche e di contesto, rendendo plausibile che tali sistemi una volta colpiti collasseranno o subiranno gravi danni a causa dell'influenza di un evento pericoloso (Cardona et al., 2012).

Questa duplice visione complementare della vulnerabilità è esplicitamente collegata agli obiettivi, al contesto e ai metodi di valutazione: «Gli approcci quantitativi per la valutazione della vulnerabilità devono essere integrati con approcci qualitativi per catturare la piena complessità e i vari aspetti tangibili e intangibili della vulnerabilità nelle sue diverse dimensioni. È importante riconoscere che i sistemi complessi coinvolgono più variabili (fisiche, sociali, culturali, economiche e ambientali) che non possono essere misurate usando la stessa metodologia» (Cardona et al., 2012, p. 67).

La coesistenza dei due *framework* è necessaria per trascendere l'antagonismo epistemologico tra i paradigmi "oggettivista-positivista" e "soggettivista-costruttivista", ribadendo l'opportunità di fare affidamento su metodi sia qualitativi che quantitativi per la concettualizzazione e la stima del rischio. L'azione e la decisione, implicite nella definizione di rischio, richiedono l'instaurarsi di relazioni tra percezione soggettiva del rischio e necessità scientifica di misurazione oggettiva (Cardona, 2004).

Si tratta di un approccio particolarmente rilevante per le discipline architettoniche e urbane quando l'obiettivo è quello di ricavare informazioni quantitative sul danno atteso dagli *hazard* (pericoli) naturali sull'ambiente costruito, le comunità e gli ecosistemi, identificando indicatori misurabili che caratterizzano le variabili aleatorie di esposizione e vulnerabilità. In questo senso, il "contesto di valutazione"

component of Risk, defined as a product (in terms of probabilistic convolution) of hazard (H), exposure (E) and vulnerability (V), according to the known relation R=HxExV. This conceptual framework is also adopted by the IPCC Fifth Assessment Report – with a radical shift compared to AR2, AR3 and AR4 assessment frameworks – further exploring the meaning of this equation: «Risks from climate change impacts arise from the interaction between hazard (triggered by an event or trend related to climate change), vulnerability (susceptibility to harm) and exposure (people, assets or ecosystems at risk)» (IPCC, 2014, p. 36). Vulnerability is then defined here as "susceptibility to harm" of a given "exposed element" (people, assets, ecosystems) under the effect of a given hazard (be it rapid- or slow-onset). In other words, the vulnerability represents «the propensity or predisposition to be adversely affected» (IPCC, 2014, p. 128).

For more general socio-economic purposes and macro-level analyses, vulnerability is a less-strictly- defined concept. The "risk governance framework" incorporates considerations of both the intrinsic value of the elements concerned and their functional value in contributing to the environmental and socio-economic resilience in general and to emergency response and post-disaster recovery in particular. In many cases it is necessary (and sufficient) to settle for a qualitative classification in terms of "high", "medium", and "low" or explicit statements concerning the disruption likely to be suffered. The same AR5 complements the previous definition adding that vulnerability «encompasses a variety of concepts and elements including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt» (Oppenheimer et al., 2014, p. 5). This second part of the definition recovers key terms - "coping capacity", "adaptive capacity" - which in the previous IPCC-ARs were considered as components of vulnerability together with hazard and exposure, thus generating a misunderstanding with respect to the more consolidated framework derived from disaster risk science. AR5 clarifies that the concept of "sensitivity" is considered as a synonym of "susceptibility to harm", and thus finally realigned with the definition of vulnerability in the risk assessment framework. This aspect was clarified for the first time in the IPCC Special Report released in 2012, between AR4 and AR5, when analogies among definitions in DRM and CCA domains are discussed, pointing out that susceptibility/fragility (in disaster risk management) or sensitivity (in climate change adaptation) is understood as the physical predisposition of human beings, infrastructure, and environment to be affected by a dangerous phenomenon due to lack of resistance, but also because of the predisposition of society and ecosystems to suffer harm as a consequence of intrinsic and context conditions,

making it plausible that such systems once impacted will collapse or experience major harm and damage due to the influence of a hazard event (Cardona et al., 2012).

This dual complementary vision of vulnerability is explicitly connected to the assessment goals, context and methods: «Quantitative approaches for assessing vulnerability need to be complemented with qualitative approaches to capture the full complexity and the various tangible and intangible aspects of vulnerability in its different dimensions. It is important to recognize that complex systems involve multiple variables (physical, social, cultural, economic, and environmental) that cannot be measured using the same methodology» (Cardona et al., 2012, p. 67).

The coexistence of the two frameworks is necessary to transcend the epistemological antagonism between "objectivist-positivist" and 'subjectivist/constructivist' paradigms and rely as much upon qualitative as quantitative methods for risk conceptualisation and estimation. Action and decision, implicit in the definition of risk, require the establishment of relationships between subjective risk perception and the scientific need for objective measurement (Cardona, 2004).

This framework is particularly relevant in the architecture and urban domains when the goals is to derive quantitative information on the expected damage from natural hazards on the built environment, communities and ecosystems, and to identify measurable indicators characterizing the aleatory variables of exposure and vulnerability. In this sense, the "assessment context" defines the logics of how such system of indicators should be built, so to «meaningfully [derive information] about the vulnerability of a specified system to a specified hazard or range of hazards» (Brooks, 2003, p. 3).

More recently, UNDRR enriched the "susceptibility to harm" perspective with important specifications, defining vulnerability as «the conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes which increase the susceptibility of an individual, a community, assets or systems to the impacts of hazards» (UN General Assembly, 2016).

This latter definition introduces useful elements to clarify how the wide concept of vulnerability can be narrowed down when looking at specific elements exposed to "the impacts of hazards". Vulnerability analysis requires in fact to identify the "factors" describing the behaviour, in terms of damage, of the element at risk impacted by a given hazard (Grossi & Kunreuther, 2005). It is clear that a given element at risk, e.g. a building, should be categorized in terms of vulnerability in a different way if we look at the potential damage from e.g. an earthquake or a pluvial flooding. In the first case one would firstly look at morphological and structural characteristics, definisce le logiche di come dovrebbe essere costruito tale sistema di indicatori, in modo da «significativamente [ricavare informazioni] sulla vulnerabilità di un sistema specifico a un *hazard* specifico o molteplici *hazard*» (Brooks, 2003, p. 3).

Più recentemente, la UN *General Assembly* ha arricchito la prospettiva della "suscettibilità al danno" con importanti specifiche, definendo la vulnerabilità come «le condizioni determinate da fattori o processi fisici, sociali, economici e ambientali che aumentano la suscettibilità di un individuo, una comunità, beni o sistemi al impatti degli hazard» (UN General Assembly, 2016, p. 24).

Quest'ultima definizione introduce elementi utili per chiarire come l'ampio concetto di vulnerabilità può essere ristretto quando si esaminano elementi specifici esposti agli "impatti degli *hazard*". L'analisi delle vulnerabilità richiede infatti di identificare i "fattori" che descrivono il comportamento, in termini di danno,

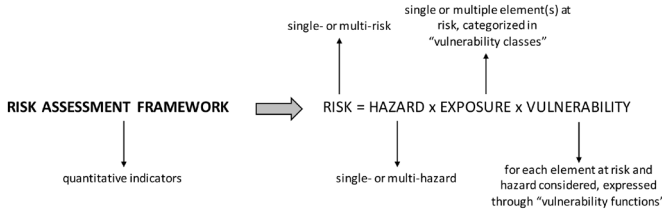


Fig. 1 - Framework di valutazione del rischio per hazard naturali (UNDRO, 1980, aggiornato con la terminologia proposta in UNDRR, 2017), armonizzato nel contesto dei cambiamenti climatici (IPCC, 2014) / *Risk Assessment Framework for natural hazards (UNDRO, 1980, updated with the UNDRR, 2017 Terminology), harmonized in the context of climate change (IPCC, 2014).*

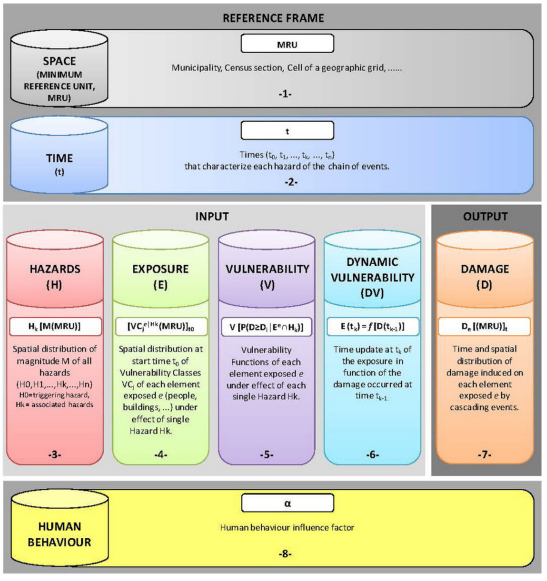


Fig. 2 - Formalizzazione del processo di modellazione dell'impatto da rischi naturali, esteso a condizioni di multi-rischio ed effetti a cascata / *Formalization of the impact modeling process from natural hazards, extended to multi-risk conditions and cascading effects* (Source: Zuccaro et al. 2018).

dell'elemento a rischio influenzato da un determinato pericolo (Grossi & Kunreuther, 2005). È chiaro che un dato elemento a rischio, ad esempio un edificio, dovrebbe essere classificato in termini di vulnerabilità in modo diverso se consideriamo il potenziale danno da un terremoto o da un allagamento superficiale. Nel primo caso si esaminerebbero innanzitutto le caratteristiche morfologiche e strutturali, mentre nel secondo caso la presenza e l'uso degli spazi ai piani terra e interrati.

Come sottolineato, gli elementi a rischio rispetto ai quali è possibile valutare il rischio e/o l'impatto sono diversi e l'identificazione dell'hazard e dell'esposizione è il primo passo per costruire un'analisi coerente della vulnerabilità, determinando per ciascuno degli elementi esposti (ad es. individui, comunità, beni, sistemi, ecc.) i fattori di vulnerabilità rilevanti in relazione ai pericoli considerati, che possono essere di tipo fisico, sociale, economico e ambientale. Quando si guarda a un "sistema" complesso, come città o ecosistemi locali, è necessario prendere in considerazione più elementi a rischio (e le loro reciproche interdipendenze), aumentando così la complessità delle analisi di vulnerabilità (Cutter, 1996; Fussel & Klein, 2006; Turner et al., 2013; Timmermann et al., 2017).

while in the second case at the presence and use of spaces at ground and underground levels.

As pointed out, the elements at risk against which the risk and/or impact of hazard(s) can be assessed are diverse and the identification of hazard and exposure is the first step to build up a coherent vulnerability analysis, determining for each of the exposed elements (e.g. individual, community, assets, systems, etc.) the relevant vulnerability factors in relation to the hazard(s) considered, which can be of physical, social, economic and environmental type. When looking at a complex "system", such as cities or local ecosystems, multiple elements at risk (and their mutual interdependences) need to be taken into account, thus increasing the complexity of vulnerability analysis frameworks (Cutter, 1996; Fussel & Klein, 2006; Turner et al., 2013; Timmermann et al., 2017).

References

Brooks, N. (2003), "Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework", *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, 38(38), pp. 1-16.

Calvi, G.M. Pinho, R. Magenes, G. Bommer, J.J. Restrepo-Vélez, L.F. & Crowley, H. (2006), "Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years", *ISET J. Earthq. Technol.*, 43 (3), pp. 75-104.

Cardona, O.D. (2004), "The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management", in Bankoff, G. Frerks, G. & Hilhorst, D. (eds), *Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People*, Routledge, London, pp. 37-51.

Cardona, O.D. van Aalst, M.K. Birkmann, J. Fordham, M. McGregor, G. Perez, R. Pulwarty, R.S. Schipper, E.L.F. & Sinh, B.T. (2012), "Determinants of risk: exposure and vulnerability", in Field, C.B. Barros, V. Stocker, T.F. Qin, D. Dokken, D.J. Ebi, K.L. Mastrandrea, M.D. Mach, K.J. Plattner, G.K. Allen, S.K. Tignor, M. & Midgley, P.M. (eds), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),* Cambridge and New York, pp. 65-108.

Coburn, A.W., Spence, R.J.S. & Pomonis, A. (1994), *Vulnerability and Risk Assessment. 2nd Edition*, UNDP Disaster Management Training Programme.

Cosentino, C. Amato, F. & Murgante, B. (2018), "Population-Based Simulation of Urban Growth: The Italian Case Study", *Sustainability*, 10(12), 4838.

Cutter, S.L. (1996), "Vulnerability to environmental hazards", *Progress in Human Geography*, 20(4), pp. 529-539.

EEA (2017), *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Füssel, H.M. & Klein, R.J. (2006), "Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking", *Climatic change*, 75(3), pp. 301-329.

Grossi, P. & Kunreuther, H. (eds) (2005), *Catastrophe Modeling: A new approach to managing risk*, Springer, New York.

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core Writing Team, Pachauri, R.K. Meyer, L.A. (eds), IPCC, Geneva.

Laroui, F. & van der Zwaan, B.C.C. (2001), "Environment and Multidisciplinarity. Three Examples of Avoidable Confusion". *Integrated Assessment,* 3(4), pp. 360-369.

Leone, M.F. (2019), "Impatti climatici nelle aree urbane e vulnerabilità del sistema socio-fisico: Disaster Risk Reduction e Climate Change Adapta-

tion / Climate impacts in urban areas and vulnerabilities of the sociophysical system: Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation", in D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (eds). *Environmental design for climate change adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*, CLEAN, Napoli, pp. 22-31.

Mysiak, J., Castellari, S., Kurnik, B., Swart, R., Pringle, P., Schwarze, R., Wolters, H. Jeuken, A. & van der Linden, P. (2018). "Brief communication: Strengthening coherence between climate change adaptation and disaster risk reduction", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(11), pp. 3137-3143.

Oppenheimer, M., Campos, M. Warren, R. Birkmann, J. Luber, G. O'Neill, B. & Takahashi, K. (2014), "Emergent risks and key vulnerabilities", in Field, C.B., Barros, V.R. Dokken, D.J. Mach, K.J. Mastrandrea, M.D. Bilir, T.E. Chatterjee, M. Ebi, K.L. Estrada, Y.O. Genova, R.C. Girma, B. Kissel, E.S. Levy, A.N. MacCracken, S. Mastrandrea, P.R. & White, L.L. (eds), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp. 1039-1099.

Timmermann, P. (1981), "Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society", *Environmental Monograph*, n. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Toronto.

Timmerman, J.G. Breil, M. Bacciu, V. Coninx, I. Fons, J. Gregor, M. Havranek, M. Jacobs, C. Loehnertz, M. Pelton, L. Sainz, M. & Swart, R.J. (2017), *Map book urban vulnerability to climate change: Factsheets*, European Environment Agency, Copenhagen.

Turner, B. L. Kasperson, R. E. Matson, P. A. McCarthy, J. J. Corell, R. W. Christensen, L. Eckley, N. Kasperson, J.X. Luers, A. Martello, M.L. Polsky, Pulsipher, C.A. & Schiller, A. (2003), "A framework for vulnerability analysis in sustainability science", Proceedings of the National Academy of Sciences, 100(14), pp. 8074-8079.

UN-DHA (1993), *Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management. DNA/93/36*, United Nations Department of Humanitarian Affairs, Geneva.

UNDRO (1980), *Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Experts Group Meeting of 9-12 July 1979*, UNDRO, Geneva.

UN General Assembly (2016), *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*, United Nations General Assembly, New York.

Woo, G. (1999), *The Mathematics of Natural Catastrophes*, Imperial College Press, London.

Zuccaro, G., De Gregorio, D., & Leone, M.F. (2018), "Theoretical model for cascading effects analyses", *International journal of disaster risk reduction*, vol. 30, pp. 199-215.

Adattamento climatico e gestione del rischio
Climate Adaptation and Risk Governance

Mattia Federico Leone, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

L'evoluzione del concetto di vulnerabilità nel campo della ricerca sui cambiamenti climatici ha contribuito ad ampliarne gli attributi, per la scala globale del fenomeno e l'obiettivo evidenziarne gli impatti sulla società nel suo insieme per accelerare un'azione politica e di governance verso la riduzione delle emissioni di gas serra e l'adattamento locale agli eventi estremi e ai trend di variazione previsti. La necessità di affrontare le complesse dinamiche che collegano clima, sistemi socio-tecnici, capitale naturale ed ecosistemi hanno portato ad includere metodi e concetti derivati da studi sociali e politici, dall'antropologia e dall'ecologia per cogliere appieno le numerose questioni trasversali che caratterizzano la vulnerabilità della società ai cambiamenti climatici. Un focus integrato e interdisciplinare può tener conto in modo più coerente del contesto, della complessità e delle dinamiche dei sistemi sociali e ambientali e contribuire a una gestione più efficace del rischio da parte delle diverse parti interessate coinvolte nel processo decisionale su DRR e CCA (Carreño et al., 2007) .

In effetti, mentre nella valutazione del rischio la vulnerabilità è in genere "*hazard-specific*", alcuni fattori – come la povertà, la mancanza di reti sociali e meccanismi di supporto sociale, inadeguate strategie di governance - aggravano o influenzano i livelli di vulnerabilità indipendentemente dal tipo di pericolo (Prowse, 2003; UNEP, 2003). Le capacità di adattamento e gestione, aspetti valutativi essenziali in quello qui indicato come "*framework* di governance del rischio", coinvolgono la società e gli ecosistemi nel loro insieme e consentono di identificare aspetti di vulnerabilità trasversali che richiedono di essere affrontati attraverso azioni politiche e di governance, essendo riferite ad aspetti quali le limitazioni individuali e istituzionali riguardo l'accesso e la mobilitazione delle risorse, l'incapacità di anticipare, adattarsi e rispondere in caso di eventi catastrofici per assorbire l'impatto degli *hazard* sul sistema socio-ecologico ed economico (Miller et al., 2010; McGlade et al., 2019; Cardona et al., 2012; EEA, 2016). Questo approccio alla vulnerabilità è intimamente collegato al concetto di "resilienza" (Turnbull et al., 2013), che mira non solo a ripristinare la funzionalità, ma anche a correggere le strutture sociali, politiche ed economiche esistenti che aggravano le condizioni di rischio e limitano la capacità di affrontare le crisi" (Patel & Nosal, 2016).

In particolare, la "*coping capacity*" si riferisce alla capacità di persone, organizzazioni e sistemi, che utilizzano competenze e risorse disponibili, di gestire condizioni avverse, rischi o disastri. La capacità di "far fronte" richiede continua consapevolezza, risorse e buona gestione, sia in tempi normali che in caso di catastrofi o condizioni avverse (United Nations General Assembly, 2016). Questa definizione riflette la rilevanza di affrontare la vulnerabilità in rapporto all'intero

The evolution of the vulnerability concept in the climate change research domain has contributed to widen its attributes when looking at such a global scale phenomenon, and aiming at highlighting its impact on society as a whole to accelerate a policy and governance action towards GHG emission reduction and local adaptation to projected trends and extremes. The need to tackle the complex dynamics that connect climate, socio-technical systems, natural capital and eco-systems brought to the inclusion of methods and concepts derived from policy and governance studies, anthropology and ecology to fully capture the many cross-cutting issues that characterize the societal vulnerability to climate change. An integrated and interdisciplinary focus can more consistently take into account the context, complexity and dynamics of social and environmental systems, and contribute to more effective risk management by the different stakeholders involved in DRR and CCA decision-making (Carreño et al., 2007).

Indeed, while in risk assessment vulnerability is in general hazard-specific, certain factors - such as poverty, the lack of social networks and social support mechanisms, inadequate governance structures - will aggravate or affect vulnerability levels irrespective of the type of hazard (Prowse, 2003; UNEP, 2003). The coping and adaptive capacities, distinctive assessment aspects of the one referred here as "risk governance framework", involve society and ecosystems as a whole and can be used to identify cross-cutting vulnerability aspects that should be tackled as high-level policy and governance issues concerning the limitations in access to and mobilization of the resources of individuals and institutions, as well as the incapacity to anticipate, adapt, and respond to absorb the socio-ecological and economic impact of hazards (Miller et al., 2010; McGlade et al., 2019; Cardona et al., 2012; EEA, 2016). This approach to vulnerability is intimately connected to the concept of "resilience" (Turnbull et al., 2013), which is aimed "to not only restore functionality but also correct existing social, political, and economic structures that may have increased exposure and constrained capacity to cope with the crisis" (Patel and Nosal, 2016).

In particular, the "coping capacity" refers to "the ability of people, organizations and systems, using available skills and resources, to manage adverse conditions, risk or disasters. The capacity to cope requires continuing awareness, resources and good management, both in normal times as well as during disasters or adverse conditions" (UN General Assembly, 2016). This definition reflects the relevance of addressing the "coping" side of vulnerability as a concern for both individuals and decision-makers, and thus to investigate the relevance of financial, cultural, procedural, psychological aspects in maximising the effectiveness of the action along the full emergency cycle (prevent, prepare, respond, restore).

Adaptive capacity refers to the «ability of systems, institutions, humans and other organisms to adjust to potential damage, to take advantage of opportunities, or to respond to consequences» (IPCC, 2014, p. 128). This implies taking into account the entire pool of assets (social, physical, financial, natural, human, and cultural) and resources (technological, knowledge and governance) which can be mobilized to build resilience to climate change impacts. Socio-technical end ecological aspects of the "adaptive" side of vulnerability are equally targeted in a systemic perspective (Whitney et al., 2017), including consideration of trade-offs among them to avoid social-ecological traps which can aggravate vulnerability conditions (Carpenter & Brock 2008).

As for the coping capacity, it is an aspect that concerns awareness and effectiveness in the action of both communities and governance structures. Social learning aimed at increased awareness can support the strengthening of coping and adaptive capacities, and push for the transition from a reactive to a proactive approach in policymaking and management procedures (Berman et al., 2012). Identifying the barriers to risk management and adaptation through evidence-based metrics is a complex challenge in this framework, for the qualitative nature of many relevant indicators commonly used and the difficulty of integrating them for practical applied analyses. On the other side, the systemic and descriptive nature of indicators related to governance structures and policy actions allows to develop broad assessments, ranging from city, to regional, to national scale and thus supporting the increase in resilience of institutions and communities in a transversal way.

Commonly used vulnerability indicators are referred to the attributes of policy and management procedures, and their ability to adequately interconnect the ecological, security and participatory aspects that support resilience towards disaster risk and climate change. Some examples are the presence/absence of: public programs and plans for DRR, CCA, ecosystem conservation and restoration; information networks and early ciclo di gestione dell'emergenza (*prevent, prepare, respond, restore*) anche in rapporto ai ruoli e alle attività svolte da individui, comunità e decisori, e quindi di indagare la rilevanza degli aspetti finanziari, culturali, procedurali e psicologici nel massimizzare l'efficacia delle azioni orientate a incrementare la "*coping capacity*" nel suo insieme.

La capacità adattiva ("*adaptive capacity*") è riferita alla «capacità di sistemi, istituzioni, esseri umani e altri organismi di adattarsi ai potenziali danni, di sfruttare le opportunità o di rispondere alle conseguenze» (IPCC, 2014, p. 118). Ciò implica la presa in considerazione dell'intero insieme di risorse (sociali, ecologiche, fisiche, finanziarie, naturali, umane e culturali) e di risorse (tecnologiche, di conoscenza e di governance) che possono essere mobilizzate per costruire la resilienza agli impatti dei cambiamenti climatici. Gli aspetti socio-tecnici e ecologici del lato "adattivo" della vulnerabilità sono entrambi presi in considerazione secondo una prospettiva sistemica (Whitney et al., 2017), che include la comprensione degli eventuali compromessi tra tali ambiti per evitare trappole socio-ecologiche che possono aggravare le condizioni di vulnerabilità (Carpenter & Brock 2008).

Come per la "*coping capacity*", si tratta un aspetto che riguarda la consapevolezza e l'efficacia dell'azione delle comunità e delle strutture di governance. L'accrescimento della consapevolezza sociale può sostenere il rafforzamento di tali capacità e spingere per il passaggio da un approccio reattivo a un approccio proattivo alle azioni politiche e di gestione (Berman et al., 2012). Identificare gli ostacoli nella gestione del rischio e nello sviluppo di misure di adattamento attraverso metriche robuste è una sfida complessa in questo *framework*, per la natura qualitativa di molti degli indicatori comunemente usati e per la difficoltà di aggregarli in modo coerente per restituire una sintesi delle possibili letture analitiche applicate. Dall'altro lato, la natura sistemica e descrittiva degli indicatori relativi alle strutture di governance e alle priorità di azioni consente di sviluppare valutazioni di ampio respiro, che vanno dalla scala urbana, a quella regionale e nazionale, e dunque di sostenere l'incremento della resilienza sia delle istituzioni che delle comunità in modo trasversale.

Gli indicatori di vulnerabilità comunemente utilizzati sono riferiti a informazioni sulle politiche e procedure di gestione messe in campo e sulla loro capacità di interconnettere adeguatamente gli aspetti ecologici, di sicurezza e partecipativi che supportano la resilienza ai rischi naturali e ai cambiamenti climatici. Alcuni esempi sono la presenza / assenza di: programmi e piani pubblici per DRR, CCA, conservazione e ripristino degli ecosistemi; reti di monitoraggio e sistemi di *early warning*; azioni per il coinvolgimento delle comunità locali e iniziative partecipative a supporto dei processi di co-progettazione e condivisione delle conoscenze nella pianificazione urbana e dell'emergenza; programmi di *capacity building* a servizio delle comunità e azioni di protezione e rafforzamento del capitale sociale; strutture di governance a supporto del coordinamento istituzionale verticale e orizzontale, compresi i partenariati pubblico-privato-persone (PPPPs) e accordi di collaborazione multi-stakeholder; leggi e dei regolamenti settoriali, compresi standard volontari orientati a sostenere gli investimenti, superare il "divario di attuazione" (Chandler & Coaffee, 2016) nelle misure DRR e CCA, e garantire la conformità delle azioni attuate con il quadro normativo e di indirizzo internazionale (ad esempio Accordo di Parigi, *Sustainable Development Goals, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* 2015-2030).

Gli aspetti definitori delineati evidenziano come in questo quadro i concetti presi in considerazione colleghino la vulnerabilità con i principi guida della resilienza. Ciò si riflette, ad esempio, nei *"Ten Essentials for Making Cities Resilient"* - inizialmente sviluppati come parte del *Hyogo Framework for Action* nel 2005 e poi aggiornati nel 2017 per supportare l'implementazione del *Sendai Framework* - che esaminano i settori "*Corporate/city governance*", "*Integrated planning*", "*Response planning*" e le loro interconnessioni, fornendo uno strumento operativo (il *Disaster Resilience Scorecard for Cities*) per valutare le capacità adattive e di gestione dei rischi. La città è letta come «un sistema di sistemi, con ciascuno di questi sistemi (ad es. comunicazioni, acqua, servizi igienico-sanitari, energia, assistenza sanitaria, welfare, legge e ordine pubblico, istruzione, imprese, sistemi sociali e di vicinato) potenzialmente rappresentati da differenti stakeholder» (UNDRR, 2017, p. 5). Il processo collaborativo posto alla base di una valutazione delle vulnerabilità sistemiche (in termini di *adaptive capacity* e *coping capacity*) che emergono da una simile interpretazione pongono le basi per ampliare il framework di valutazione dei rischi verso obiettivi più ampi legati alla resilienza dei sistemi urbani in un'ottica "multi-rischio" (UN-Habitat, 2017).

Modelli innovativi di conoscenza (D'Ambrosio & Leone, 2017) tesi a rafforzare la lettura delle città come sistemi complessi rende questa definizione di vulnerabilità adeguata per catturare il concetto di "vulnerabilità urbana" come «prodotto delle molte e diverse condizioni di vita, nonché dei fattori climatici, geologici e fisici che caratterizzano la geografia del luogo, in modo che la gestione proattiva del rischio passi inevitabilmente per ripensare, in una prospettiva resiliente, il sistema urbano, trovando nella riprogettazione degli spazi e la rideterminazione del rapporto tra popolazione / ambiente costruito / risorse naturali la chiave per comprendere la riduzione del danno atteso» (Rigillo, 2017, p. 183).

Un approccio olistico in grado di integrare i metodi di rischio convenzionali con valutazioni più articolate che affrontano le molteplici dimensioni delle vulnerabilità nell'ambito della governance del rischio può guidare efficacemente le strategie DRM, DRR e CCA a livello locale, regionale e nazionale (Birkmann et al., 2013). Occorre riconoscere il suo fondamento in rapporto ai principi teorici della complessità, per seguire modalità interpretative che si legano non solo alle variabili geofisiche, climatiche e strutturali, ma anche a quelle di natura economica, sociale, politica e culturale. Ciò consente di valutare in modo più coerente le relazioni spesso non lineari che collegano i parametri contestuali riferiti alle modalità convenzionali di valutazione dei rischi con la complessità e le variabili dinamiche dei sistemi socio-tecnici, e dunque di migliorare l'efficacia della gestione dei rischi, identificando opportune misure e strategie, definendo al contempo le priorità di azione per un'adeguata riduzione del rischio da parte delle istituzioni e delle comunità, attori fondamentali per consolidare un atteggiamento proattivo nel campo della riduzione dei rischi e dell'adattamento climatico (Cardona, 2013).

warning systems; community engagement and participatory initiatives to support co-design and knowledge-sharing processes in spatial and emergency planning, community capacity building, protection and strengthening of social assets; governance structure to support vertical and horizontal institutional coordination, including Public-Private-People Partnership (PPPPs) and multi-stakeholder collaborative agreements; sectoral legislation and regulations, including voluntary standards oriented to underpin investments, overcome the "implementation gap" (Chandler & Coaffee, 2016) in DRR and CCA and ensure compliance of implemented actions with international regulatory framework and addresses (e.g. Paris Agreement, Sustainable Development Goals, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction).

The definition aspects outlined above highlight how in this framework the concepts taken into account bridge vulnerability with resilience. These are reflected, as an example, in the "Ten Essentials for Making Cities Resilient" – initally developed as part of the Hyogo Framework for Action in 2005, and then updated to support implementation of the Sendai Framework – which looks at the domains of "Corporate/city governance", "Integrated planning", "Response planning" and their interconnections, providing an operational tool (the Disaster Resilience Scorecard for Cities) to evaluate coping and adaptive capacities. The city is read as «a system of systems, with each of those systems (e.g. communications, water, sanitation, energy, healthcare, welfare, law and order, education, businesses, social and neighbourhood systems) potentially having separate owners and stakeholders» (UNDRR, 2017, p. 5). The collaborative process underlying an assessment of systemic vulnerabilities (in terms of adaptive capacity and coping capacity) emerging from such an interpretation lays the foundations for expanding the risk assessment framework towards wider objectives linked to the resilience of urban systems in a "multi-risk" perspective (UN-Habitat, 2017).

Innovative knowledge models (D'Ambrosio and Leone, 2017) aimed at understanding cities as complex systems makes this multi-faceted definition of vulnerability adequate to capture the concept of "urban vulnerability" as «a product of the many and diverse conditions of living, as well as of the climatic, geological and physical factors that characterize the geography of the place, so that proactive risk management inevitably passes for rethinking, in a resilient perspective, the urban system, finding in the re-planning of spaces and in the re-determination of the relationship between population / built environment / natural resources the key to understanding the reduction of expected damage» (Rigillo, 2017, p. 183).

A holistic approach that complements conventional risk

methods with comprehensive assessments tackling the multiple dimensions of vulnerabilities in the risk governance domain can effectively guide DRM, DRR and CCA strategies at local, regional and national level (Birkmann et al., 2013). It should be founded on a theoretical basis of complexity that takes into account not only geological and structural variables, but also those of an economic, social, political and cultural nature. This allows to assess, in a more consistent manner, the non-linear relations of the contextual parameters and the complexity and dynamics of socio-technical systems. It would also help to improve the effectiveness of management and to identify and prioritize effective measures for the adequate reduction of risk by authorities and communities, who are undoubtedly the fundamental actors in achieving a preventive attitude (Cardona, 2013).

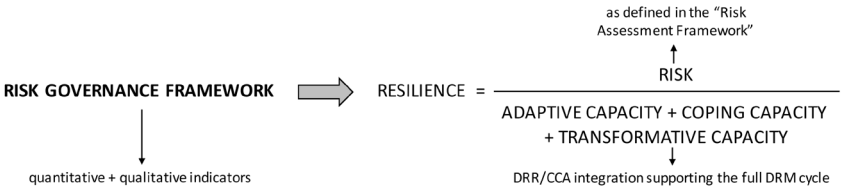


Fig. 1 - Framework di governance del rischio a supporto dell'intero ciclo DRM e della definizione di strategie di trasformazione dell'ambiente costruito sostenibili e resilienti (elaborazione da diverse fonti) / *Risk Governance Framework to support the full DRM cycle and sustainable and resilient transformation pathways for the built environment (elaboration from diverse sources).*

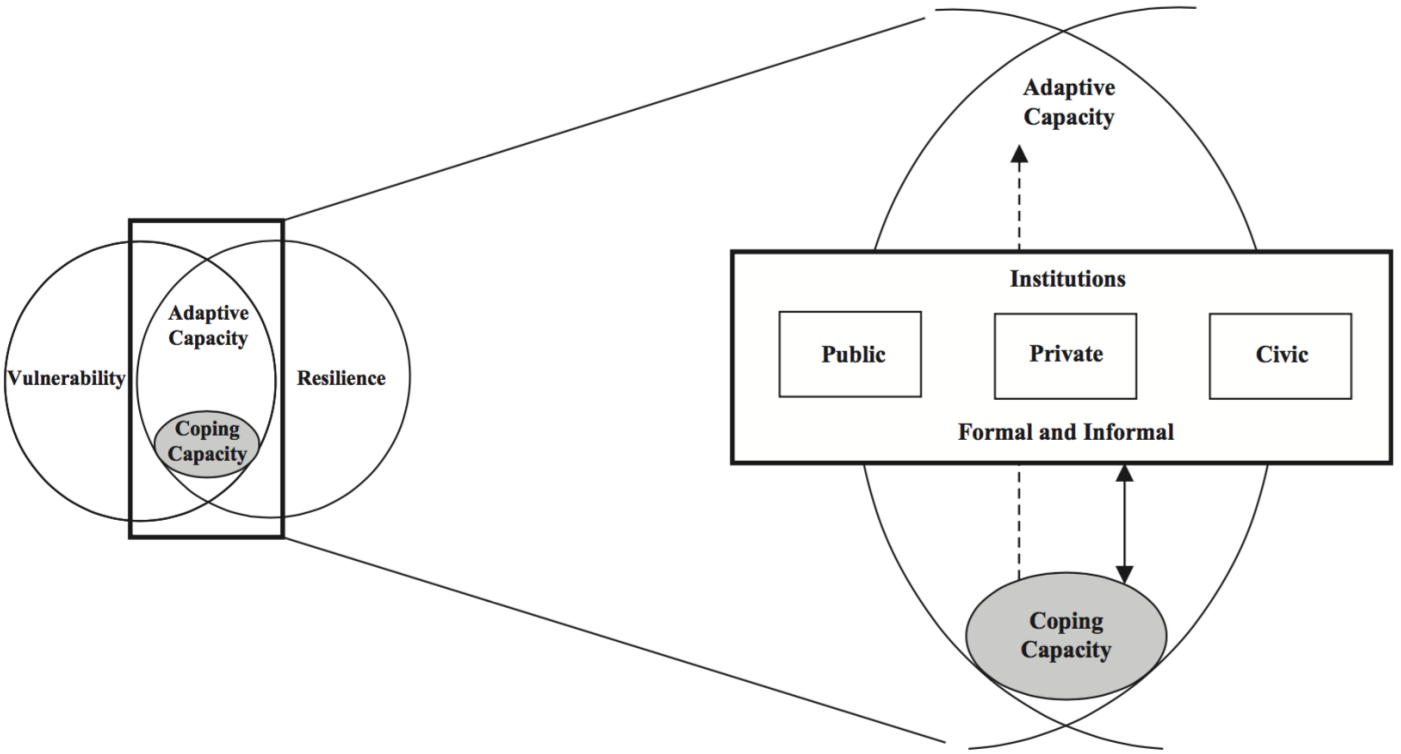


Fig. 2 - Centralità del ruolo delle istituzioni (formali e informali) per integrare gli approcci di "coping" e "adaptive capacity" in un'ottica di resilienza / *Centrality of the role of institutions (formal and informal) to integrate "coping" and "adaptive capacity" approaches in a resilience perspective* (Source: Berman et al., 2012).

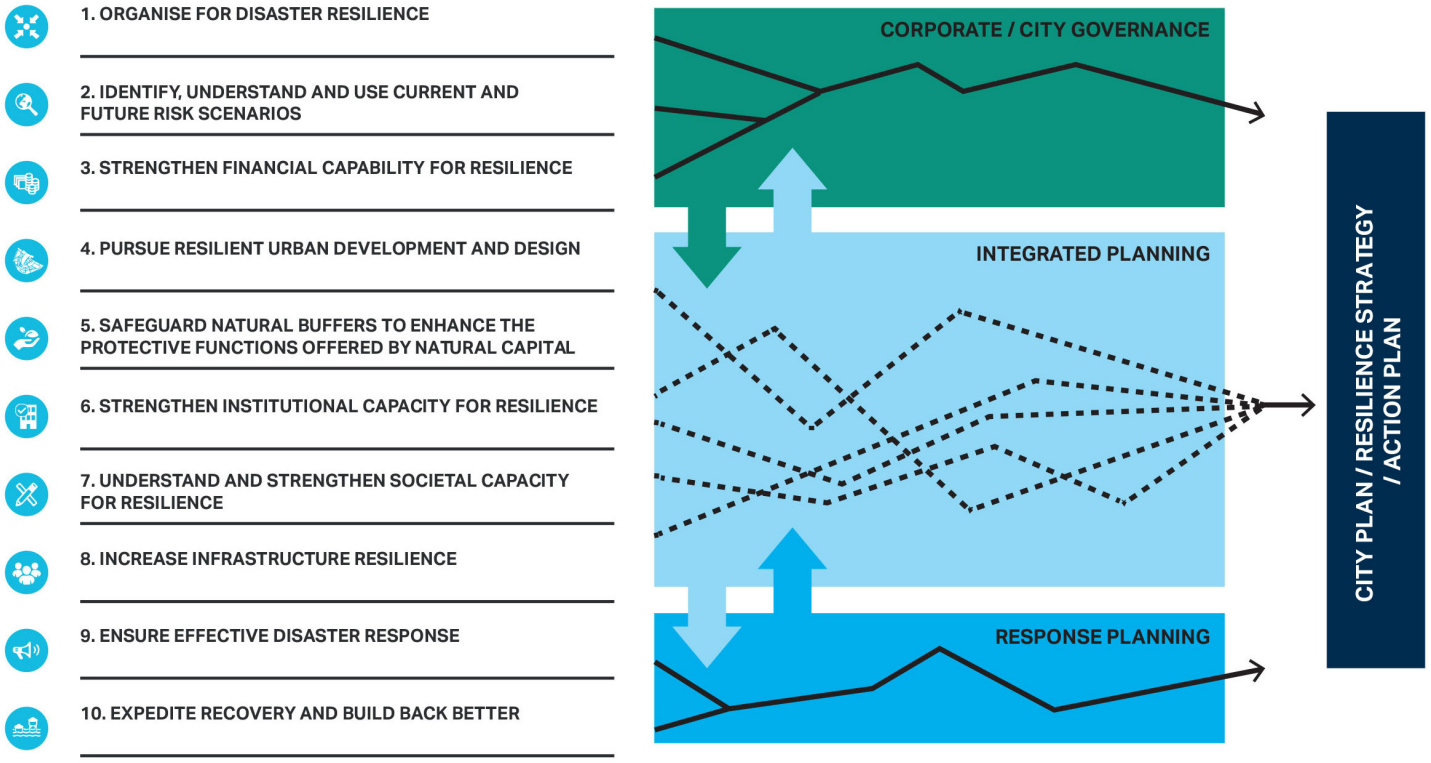


Fig. 3 - *The Ten Essentials for Making Cities Resilient* (Source: UNDRR, 2017).

References

ARUP (2015), *City Resilience Framework. 100 Resilient cities*, The Rockefeller Foundation, ARUP.

Birkmann, J. Cardona, O.D. Carreño, M.L. Barbat, A.H. Pelling, M. Schneiderbauer, S. Kienberger, S. Keiler, M. Alexander, D. Zeil, & P. Welle, T. (2013), "Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework", *Natural hazards*, 67(2), pp. 193-211.

Berman, R. Quinn, C. & Paavola, J. (2012), "The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity", *Environmental Development*, vol. 2, pp. 86-100.

Cardona, O.D., Ordaz, M.G. Marulanda, M.C. & Barbat, A.H. (2008), "Estimation of probabilistic seismic losses and the public economic resilience. An approach for a macroeconomic impact evaluation". *Journal of Earthquake Engineering*, 12(S2), pp. 60-70.

Cardona, O.D. van Aalst, M.K. Birkmann, J. Fordham, M. McGregor, G. Perez, R. Pulwarty, R.S. Schipper, E.L.F. & Sinh, B.T. (2012), "Determinants of risk: exposure and vulnerability", in Field, C.B. Barros, V. Stocker, T.F. Qin, D. Dokken, D.J. Ebi, K.L. Mastrandrea, M.D. Mach, K.J. Plattner, G.K. Allen, S.K. Tignor, M. & Midgley, P.M. (eds), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),* Cambridge and New York, pp. 65-108.

Carpenter, S.R. & Brock, W.A. (2008), "Adaptive capacity and traps", *Ecology and society*, 13(2).

Carreño, M.L. Cardona, O.D. & Barbat, A.H. (2007), "Urban seismic risk evaluation: A holistic approach", *Journal of Natural Hazards*, 40(1), pp. 137-172.

Chandler, D. & Coaffee, J. (2016), *The Routledge handbook of international resilience*, Routledge, London.

D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (eds) (2017), *Environmental design for climate change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli.

EEA (2016). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No 1/2017*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

EPA (2017), *Evaluating Urban Resilience to Climate Change: A Multi-Sector Approach. EPA/600/R-16/365F*, available at: www.epa.gov/research.

Füssel, H.M. (2005), "Vulnerability in climate change research: A comprehensive conceptual framework", *Breslauer Symposium*, University of California.

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core Writing Team, Pachauri & R.K. Meyer, L.A. (eds), IPCC, Geneva.

Janssen, M.A. Schoon, M.L. Ke, W. & Börner, K. (2006), "Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change", *Global environmental change*, 16(3), pp. 240-252.

Liverman, D. M. (1990), "Vulnerability to Global Environmental Change", in Kasperson, R.E. Dow, H. Golding, D. & Kasperson, J.X. (eds), *Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risk Analysis and Management*, Clark University, Worcester, pp. 27-44.

Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., Walker, B., Birkmann, J. van der Leeuw, S. Rockström, J. Hinkel, J. Downing, T. Folke, C. Nelson, D. & Hinkel, J. (2010), "Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?", *Ecology and Society*, 15(3).

Patel, R. & Nosal, L. (2016), *Defining the Resilient City*, United Nations University Centre for Policy Research, Working Paper 6.

Prowse, M. (2003), "Towards a clearer understanding of 'vulnerability' in relation to chronic poverty", CPRC Working Paper No. 24, Chronic Poverty Research Centre, University of Manchester, Manchester.

Rigillo, M. (2017), "Rischio, vulnerabilità e resilienza nuovi paradigmi del progetto urbano / Risk, vulnerability and resilience as new paradigms for urban design", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. F. (eds), *Environmental design for climate change adaptation. 1. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli, pp. 180-189.

Summers, J. K., Smith, L. M., Harwell, L. C. & Buck, K.D. (2017), "Conceptualizing holistic community resilience to climate events: Foundation for a climate resilience screening index", *GeoHealth.* 1, pp. 151-164.

Turnbull, M., Sterrett, C., & Hilleboe, A. (2013), *Toward resilience: a guide to disaster risk reduction and climate change adaptation*, Practical Action Publishing, Rugby.

UNEP (2003), *Assessing Human Vulnerability due to Environmental Change: Concepts, Issues, Methods and Case Studies. UNEP/DEWA/RS.03-5*, United Nations Environmental Programme, Nairobi.

UN General Assembly (2016), *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*, United Nations General Assembly, New York.

UN Habitat (2017), *Trends in Urban Resilience*, United Nations Human Settlements Programme, Nairobi.

McGlade, J., Bankoff, G., Abrahams, J., Cooper-Knock, S.J., Cotecchia, F., Desanker, P., Erian, W., Gencer, E., Gibson, L., Girgin, S., Hirsch, F., Hirst, L.; Jordan, S., Kopec, E., Krausman, E., Lopez-Ocon, O.G., Lorito, S., Lovholt, F., Moufouma-Okia, W., Necci, A., Peters, K., Pulwarty, R., Rush, D., San Miguel, J., Schneider, J., Sengupta, R., Twigg, J., Vogt, J., Walls, R., Williams, S., Wood, M. (2019), *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019*, UN Office for Disaster Risk Reduction: Geneva, Switzerland.

UNDRR (2017), *Disaster resilience scorecard for cities. Preliminary level assessment*, United Nations Office for Disaster Reduction, Geneva.

Whitney, C.K., Bennett, N.J. Ban, N. C., Allison, E.H., Armitage, D. ,Blythe, J.L., Burt, J.M., Cheung, W., Finkbeiner, E.M., Kaplan-Hallam, M., Perry, I., Turner, N.J. & Yumagulova, L. (2017), "Adaptive capacity: from assessment to action in coastal social-ecological systems", *Ecology and Society*, 22(2):22.

Zuccaro, G. & Leone, M.F. (2018), "Building resilient cities: A simulation-based scenario assessment methodology for the integration of DRR and CCA in a multi-scale design perspective", *Procedia engineering*, vol. 212, pp. 871-878.

Mitigazione climatica
Climate Mitigation

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Definizione

Il termine mitigazione, che nel linguaggio corrente identifica l'insieme di strategie con cui si riducono i rischi di qualunque attività ed azione, trova oggi la sua maggiore utilizzazione nell'ambito della scienza dei rischi ambientali (Enciclopedia Treccani). Una definizione appropriata può essere individuata all'interno del progetto MiSRaR (FESR/INTERREG IVC 2012) dove con mitigazione si intende «la riduzione del rischio tramite riduzione della probabilità e/o impatto di un pericolo e/o vulnerabilità della società». Nel corso degli anni il termine Mitigazione è stato spesso messo in relazione alle seguenti tematiche:

- Mitigazione come innovazione tecnologica;
- Mitigazione e riscaldamento globale;
- Mitigazione e salute ;
- Mitigazione come risposta alla vulnerabilità fisica dei sistemi.

Mitigazione come innovazione tecnologica

La definizione di strategie e soluzioni tecniche specifiche di riferimento per la mitigazione delle differenti problematiche di inquinamento ambientale, consente l'individuazione di soluzioni tecnico progettuali favorite dal costante sviluppo tecnologico e dall'apertura di innovativi scenari di ricerca come quello costituito dal settore della nano-innovazione e delle nanotecnologie, riconoscendo così, il concetto di mitigazione come innovazione tecnologica (Lucarelli & Rigillo, 2018).

L'innovazione tecnologica, pertanto, è uno dei principali strumenti delle poli-



Fig. 1 - Programma sui cambiamenti climatici / *ClimateChange Program* (Source: Calgary ClimateChange).

Definition

The term mitigation, which in current language identifies the set of strategies for the reduction of the risks of any activity and action, is today most widely used in the field of environmental risk science (Treccani Encyclopedia).

An appropriate definition can be identified within the MiSRaR project (FESR/INTERREG IVC 2012) where mitigation means «the reduction of risk by reducing the probability and/or impact of a hazard and/or vulnerability of society».

Over the years, the term Mitigation has often been related to the following topics:

- *Mitigation as technological innovation;*
- *Mitigation in relation to the global warming;*
- *Mitigation and health;*
- *Mitigation as a response to the physical vulnerability of systems.*

Mitigation as technological innovation

The definition of strategies and specific technical solutions for the mitigation of the different problems of environmental pollution, allows the identification of technical solutions favoured by the constant technological development and the opening of innovative research scenarios such as the sector of nano-innovation and nanotechnology, thus recognizing the concept of mitigation as technological innovation (Lucarelli & Rigillo, 2018).

Technological innovation, therefore, is one of the main instruments of mitigation policies: fiscal disincentives on fuels with a higher environmental impact and incentives for renewable energy sources, the promotion of combined heat and power and the spread of district heating, the shift from private to public transport, the increase in energy efficiency of car engines and in buildings, the imposition of standards on industry to reduce the energy intensity of products, the development of agricultural policies in favour of biofuels, the increase in forestry to promote carbon absorption and storage, the management of municipal waste to minimise greenhouse gas emissions from landfills and incinerators and recover energy (Bertoldi ,

Bornás Cayuela , Monni & Piers de Raveschoot, 2010).

The table 1 shows some examples of possible mitigation technologies, policies and actions, broken down by sector, constraints and opportunities (source: 4th IPCC report), to achieve mitigation effects.

Mitigation in relation to the global warming

Currently, the concept of mitigation, associated with climate change, is defined by the UN (United Nations) as «human intervention to reduce sources of greenhouse gases and/or increase their uptake, to reduce their concentrations in the atmosphere».

The mitigation of the effects induced by climatechange and the consequent adaptation, the ability of a "system" to respond adequately to such effects, define its resilience also in economic and social terms (Lucarelli, D'Ambrosio & Milardi, 2017).

Global warming is caused by both anthropogenic emissions and natural, which increase greenhouse gas concentrations in the atmosphere.

However, human activities release large quantities of other greenhouse gases, and by increasing atmospheric concentrations, they increase the greenhouse effect and global warming (IPCC, 2018).

The main sources of man-made greenhouse gases are: combustion of fossil fuels (coal, oil and natural gas) from power generation, transport, civil and industrial (CO); agriculture (CH) and changes in land use, such as deforestation (CO); landfills (CH); use of industrial fluorinated gases.

By 2050, global emissions have to be reduced of 50% compared to 1990 levels and then achieve carbon neutrality by the end of the century (IPCC, 2019). The EU supports the UNFCCC target and aims to reduce, always by 2050, its greenhouse gas emissions of 80-95% below 1990 levels.

Mitigation and health

The World Health Organization Report (OMS) "Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease", published in September 2016, stresses the importance of air pollution, both outdoor and indoor, representing, both in urban areas and in enclosed spaces, an environmental health risk factor.

The WHO Report thus becomes a support for the development of climate change mitigation and adaptation policies.

The Report also points out that atmospheric pollution (outdoor and indoor) is not only a risk factor for the respiratory system but also a vector for many toxic and carcinogenic agents.

Therefore, one of the main objectives set for the mitigation of indoor and outdoor impacts is the reduction of climate-altering gas emissions also produced by the background pollution

tiche di mitigazione, le quali comprendono: disincentivi fiscali sui combustibili a maggiore impatto ambientale ed incentivi alle fonti energetiche rinnovabili, la promozione delle cogenerazione elettricità-calore e la diffusione del teleriscaldamento, il passaggio dal trasporto privato a quello pubblico, l'aumento dell'efficienza energetica dei motori per autoveicoli e nell'edilizia, l'imposizione di standard all'industria per diminuire l'intensità energetica dei prodotti, lo sviluppo di politiche agricole a favore dei biocombustibili, l'incremento della forestazione per favorire l'assorbimento e lo stoccaggio del carbonio, la gestione di rifiuti urbani per minimizzare l'emissione di gas serra da discariche e inceneritori e recuperare energia (Bertoldi, Bornás Cayuela, Monni & Piers de Raveschoot., 2010). Nella tabella sono indicati alcuni esempi di possibili tecnologie, politiche e azioni di mitigazione, divise per settore, vincoli e opportunità (fonte: 4° rapporto IPCC), atte ad ottenere effetti di mitigazione.

Mitigazione in rapporto al riscaldamento globale

Attualmente il concetto di mitigazione, associato ai cambiamenti climatici, è definito dalle UN (United Nations) come «un intervento dell'uomo per ridurre le fonti di gas serra e/o aumentarne l'assorbimento, per diminuirne le concentrazioni in atmosfera». La mitigazione degli effetti indotti dal *climate change* insieme con la capacità di adattamento sviluppato, ossia la capacità del "sistema" di rispondere adeguatamente, definiscono la resilienza dello stesso, anche in termini economici e sociali (Lucarelli, D'Ambrosio & Milardi, 2017).

Il riscaldamento globale è dato da emissioni sia di origine naturale che antropica, che aumentano le concentrazioni di gas a effetto serra nell'atmosfera. Tuttavia, le attività umane determinano il rilascio di grandi quantità di altri gas climalteranti, e aumentandone le concentrazioni atmosferiche, incrementano l'effetto serra e il riscaldamento climatico (IPCC, 2018). Le principali fonti di gas a effetto serra generati dall'uomo sono: la combustione di carburanti fossili (carbone, petrolio e gas naturale), dovuta alla generazione di energia elettrica, ai trasporti, al settore civile e industriale (CO); l'agricoltura (CH) e i cambiamenti nelle destinazioni del suolo, come ad esempio la deforestazione (CO); le discariche (CH); l'uso di gas fluorurati di origine industriale. Entro il 2050, le emissioni globali devono essere

Sector	Main mitigation technologies and practices currently available on the market
Energy production	Improving the efficiency of energy supply and distribution; switching from coal to gas; nuclear power; renewable heat and power; combined heat and power; first CCS (carbon capture and storage) applications.
Transports	More efficient fuel-powered vehicles; hybrid vehicles; cleaner diesel vehicles; biofuels; modal shift from wheeled to rail transport and public transport systems; non-motorised transport; land use and transport planning
Constructions	Efficient lighting and use of daylight saving time; more efficient electrical appliances and heating and cooling devices; more efficient kitchens, better insulation; design for active and passive solar heating and cooling; alternative refrigeration fluids; recovery and recycling of fluorinated gases
Industry	More efficient use of electrical equipment; energy and heat recovery; recycling and material replacement; control of CO2 emissions
Agriculture	Improved management of crops and pastures to increase the carbon stock in the soil; restoration of cultivated peatland and degraded land; improvement of rice production techniques, livestock breeding, manure management, nitrate fertilizer application techniques to reduce N2O emissions; dedicated crops to replace fossil fuels; improvement of energy efficiency.
Forests	Forestry; reforestation; management of forests and timber harvesting products; use of forestry products for bioenergy production.
Waste	Sites for methane recovery; waste incineration with energy recovery; composting; controlled wastewater treatment; recycling and minimisation of waste.

Tab. 1 - Principali tecnologie di mitigazione / *Main mitigation technologies* (Source: 4th IPCC report).

ridotte del 50 % rispetto ai livelli del 1990, per poi raggiungere, entro la fine del secolo, la neutralità carbonica (IPCC, 2019). L'UE sostiene l'obiettivo dell'UNFCCC e mira a ridurre, entro il 2050, le proprie emissioni di gas a effetto serra dell'80 - 95 % rispetto ai livelli del 1990.

Mitigazione e salute

Il Rapporto dell'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) "*Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*", pubblicato a settembre 2016, sottolinea la rilevanza dell'inquinamento atmosferico, sia *outdoor* che *indoor* rappresentando, sia nelle aree urbane che negli spazi chiusi, un fattore di rischio ambientale per la salute. Il Rapporto OMS diventa, così, un sostegno per lo sviluppo di politiche di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

Il Rapporto inoltre sottolinea anche che l´inquinamento atmosferico (*outdoor* e *indoor*) oltre a costituire un fattore di rischio per l'apparato respiratorio è anche un vettore di numerosi agenti tossici e cancerogeni. Pertanto, uno dei principali obiettivi posti per la mitigazione degli impatti *indoor* e *outdoor* è la riduzione delle emissioni di gas climalteranti prodotte anche dall'inquinamento di fondo delle città causato dalle attività antropiche e dal settore industriale. In Italia (MATTM, 2017) e in Europa (FEA, 2015) i diversi interventi legislativi e tecnologici messi in atto negli ultimi anni, hanno sicuramente prodotto un beneficio, introducendo nuovi standard di qualità dell'aria, disciplinando l'uso dei combustibili e dei carburanti, l'uso delle migliori tecniche disponibili per il controllo delle emissioni industriali e, allo stesso tempo, implementando il numero delle centraline e degli inquinanti misurati nelle reti di monitoraggio della qualità dell'aria. Risulta quindi necessario mettere in atto le già esistenti strategie di controllo e mitigazione dell'inquinamento *outdoor* e *indoor* attraverso l'adozione di specifiche soluzioni

	Specific pollutant sources	Main control and mitigation strategies
Unan Activities	Use of detergents and cleaning products	Room ventilation; technical solutions of controlled mechanical ventilation (VMC); sanitation; use of photocatalytic coatings
	Food cooking	
	Metabolic processes	
	Presence of animals	
	Smoking	
External sources	Atmosphere	Room ventilation; technical solutions of controlled mechanical ventilation (VMC); sanitation; use of photocatalytic coatings
	Soil	
	Vegetation	
	Technological installations (radio, TV, telephony...)	Source relocation, underground and isolation solutions
	Urban environment and related activities	Sound insulation of vertical opaque structures and installation of high noise abatement windows and doors
External sources	Construction materials	Selection of materials free of pollutants, choice of appropriate technical solutions, use of photocatalytic coating
	Finishing materials	Selection of materials and furniture free of pollutants, ventilation of the rooms, technical solutions of controlled mechanical ventilation, use of photocatalytic coating
	Furniture	
	Home appliances	Room location choices in relation to areas occupied by users; selection of low consumption appliances
	Heating systems	technical solutions of controlled mechanical ventilation with preheating
	Air conditioning systems	Cleaning and maintenance of installations
	Electrical installations	Mains circuit breakers, shielding conductors
	Presence of people	room aeration, technical solutions for controlled mechanical ventilation, sanitation
	Dust	Sanification of environments

Tab. 2 - Principali strategie di mitigazione e controllo / *Major indoor and outdoor sources of pollution* (Source: 4th IPCC report).

of cities caused by human activities and the industrial sector.

In Italy (MATTM, 2017) and Europe (FEA, 2015), the various legislative and technological interventions implemented in recent years have certainly produced a benefit, introducing new air quality standards, regulating the use of fuels and combustibles, the use of the best available techniques for the control of industrial emissions and, at the same time, implementing the number of units and pollutants measured in the air quality monitoring networks.

It is therefore necessary to implement the already existing strategies for the control and mitigation of outdoor and indoor pollution through the adoption of specific technical solutions, already known, as shown in the following table, related to the major indoor and outdoor sources of pollution.

Mitigation as a response to the physical vulnerability of systems

The anomalies verified following of climate change cause effects on the physical balances of both natural and anthropized systems.

In fact, the depopulation of vast rural areas has led to the abandonment of works that guaranteed the maintenance and conservation of the soil, increasing the possibility of triggering serious alteration phenomena (Ministry of the Environment, 2002).

The degree of vulnerability is determined by the susceptibility to harm, the adaptive and mitigating capacity of different sectors and the interrelationships between physical-biological and socio-economic sectors.

In fact, more and more solutions are being sought to predict and prevent the possible impacts related to climate change and the phenomena that graft on the territory.

Their increasing knowledge through an adequate information and monitoring system allows the planning and programming of physical measures for the prevention of catastrophic events.

Already with the establishment of the National Civil Protection Service, in 1992, activities aimed at identifying the causes that generate calamitous phenomena, identifying the resulting risks and mapping the areas of the territory most subject to them, starting an activity of monitoring and environmental protection able, today, to contribute, with site specific actions to their mitigation. (Civil Protection, 2018)

Evolution of the term

The theme of mitigation has been developed mainly following three areas of analysis that refer to the Sustainable Energy Action Plans for PAES (Convenant Mayor), Climate Change Adaptation Plans (Mayor Adapt, now united in the Climate

Alliance), and the identification of interventions to reduce the impacts of heat islands.

Three different scales of analysis that have the City as common denominator and that have to converge and accompany the definition of strategies for urban transformations (Commissione Europea, 2009).

As reported in the IV Report IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change), there is a close correlation between climate change, socio-economic development, greenhouse gas emissions, impacts and vulnerabilities in different sectors.

The interactions act on a double track, they generate a sort of chain effect, so it is essential to understand and determine precisely these interactions in order to implement appropriate preventive strategies for the reduction of impacts related to Climate Change.

Mitigation, therefore, is a global strategy, which should be implemented through international agreements and policies that identify precise objectives and oblige the different countries to respect them.

Mitigation strategies, acting on the causes of climate change, can represent a permanent and incisive solution.

Therefore, the following table identifies the main policies developed over the years since the 1997 with the Kyoto Protocol.

Mitigation measures

Based on the references shown in the table, the following are some possible mitigation measures in relation to the strategies listed above, such as:

- *the encouragement of Deep Energy Renovation, which aims to develop intelligent, widespread and renewable source-based systems aimed at reducing emissions through sustai-*

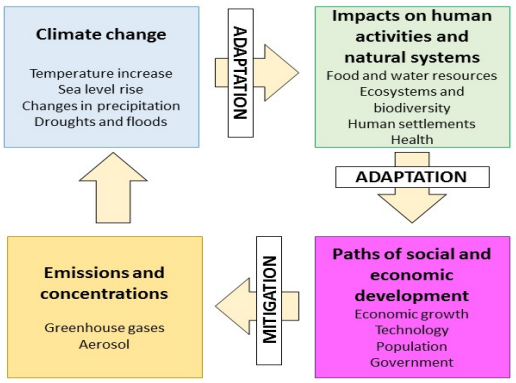


Fig. 2 - Mitigazione e adattamento / *Mitigation and adaptation*. (Source: IPCC adapted by ISPRA).

tecniche, per altro già note, come riportate nella tabella che segue, messe in relazione alle maggiori fonti inquinanti.

Mitigazione come risposta alla vulnerabilità fisica dei sistemi

Le anomalie verificate a seguito dei cambiamenti climatici causano effetti sugli equilibri fisici dei sistemi sia naturali che antropizzati. Infatti, lo spopolamento di vaste aree rurali ha comportato l'abbandono delle opere che garantivano la manutenzione e la conservazione del suolo, aumentando le possibilità di innesco di gravi fenomeni di alterazione (Ministero dell'Ambiente, 2002). Il grado di vulnerabilità è determinato dalla suscettibilità al danno, dalla capacità di adattamento e mitigazione dei diversi settori e dalle interrelazioni tra settori fisico-biologici e socio-economici. Infatti sempre di più sono le soluzioni che si cercano affinché si possano prevedere e prevenire i possibili impatti legati al *climate change* e ai fenomeni che si innestano sul territorio. La sempre maggiore conoscenza di questi ultimi attraverso un adeguato sistema informativo e di monitoraggio permette di pianificare e programmare le misure fisiche per la prevenzione degli eventi catastrofici. Già con l'Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione civile, nel 1992, si sono avviate attività di studio volte alla individuazione delle cause che generano i fenomeni calamitosi; alla identificazione dei rischi conseguenti e alla mappatura delle zone del territorio a questi maggiormente soggette, avviando una attività di monitoraggio e di protezione ambientale in grado, oggi, di contribuire, con azioni site specif alla mitigazione degli stessi (Protezione Civile, 2018).

Evoluzione del termine

Il tema della mitigazione si è sviluppato seguendo principalmente tre ambiti di analisi che fanno riferimento ai Piani di Azione per l'Energia Sostenibile PAES (*Convenant Mayor*), ai Piani di adattamento ai cambiamenti climatici (*Mayor Adapt*, ora riuniti nella *Clima Alliance*), all'individuazione di interventi per la riduzione degli impatti delle isole di calore. Tre scale di analisi diverse che hanno come denominatore comune la Città e che devono convergere e accompagnare la definizione di strategie per le trasformazioni urbane (Commissione Europea, 2009).

Come riportato nel *IV Report* IPCC (*Intergovernmental Panel On Climate Change*), vi è una stretta correlazione tra cambiamenti climatici, sviluppo socio-economico, emissioni di gas serra, impatti e vulnerabilità nei vari settori. Le interazioni agiscono secondo un doppio binario, ovvero generano una sorta di effetto a catena, per cui risulta fondamentale comprendere e determinare con precisione tali interazioni per riuscire a mettere in campo appropriate strategie preventive per la riduzione degli impatti legati al *Climate Change*.

La mitigazione, quindi, è una strategia globale, che va attuata attraverso accordi e politiche internazionali, che individuino precisi obiettivi e obblighino i diversi Paesi a rispettarli. Le strategie di mitigazione, agendo sulle cause del cambiamento climatico, possono rappresentare una soluzione permanente e incisiva. Pertanto, nella tabella seguente vengono identificati le principali politiche sviluppate nel corso degli anni a partire dal Protocollo di Kyoto del 1997.

Misure di mitigazione

Sulla base dei riferimenti esposti in tabella, si riportano di seguito alcune possibili misure di mitigazione in relazione alle strategie su elencate, quali:

- l'incentivazione del *Deep Energy Renovation*, che mira a sviluppare sistemi intelligenti, diffusi e basati su fonti rinnovabili volti alla riduzione delle emissioni attraverso una progettazione in chiave sostenibile dell'ambiente costruito, degli spazi aperti, della mobilità e delle reti energetiche secondo un approccio integrato nel concepire innovative soluzioni tipologiche e tecnologiche a bassissimo consumo energetico e alti livelli di prestazione (Lucarelli, 2018);
- la progettazione passiva, attraverso la manipolazione della forma e del *layout* di edifici e distretti urbani secondo principi bioclimatici legati all'orientamento e ai flussi (termici, ventilativi, luminosi) in rapporto alle specifiche condizioni climatiche locali;
- la promozione di metodi di progettazione, simulazione e valutazione "*performance-based*" alla scala urbana ed edilizia per la riduzione degli impatti ambientali (EEA, 2012);
- la ricerca e lo sviluppo industriale dei nuovi materiali per l'efficienza energetica in edilizia e la mitigazione climatica su scala urbana (Marrone & Orsini, 2018).

Inoltre, al fine di ottenere risultati efficaci e concreti è necessario integrare le strategie e le misure di mitigazione con le tecnologie più innovative, come ad esempio:

- il *mass retrofitting*, che costituisce una valida opportunità di integrazione di soluzioni tecniche e progettuali attive e passive in un'ottica multi-scalare (edificio-quartiere-città) di riduzione degli impatti ambientali nel ciclo di vita degli edifici, di introduzione di sistemi di generazione locale dell'energia da fonti rinnovabili, di gestione della domanda energetica, di distribuzione e scambio tra *prosumers* mediante *smartgrids*, e di meccanismi locali di sinergia;
- i materiali "*cool*" (ad elevata riflettanza solare ed emissività termica) come soluzioni efficaci di tipo passivo per ridurre il fabbisogno di raffrescamento negli edifici;

ENTE	OBIETTIVI	AZIONI
Protocollo di Kyoto 1997	- Definire le principali strategie di mitigazione e adattamento	- Determinazione della misura ottima di abbattimento dei livelli di gas ad effetto serra, generalmente tramite l'applicazione dell'analisi costi-benefici sula base di diversi scenari, individuando il maggior beneficio.
Unione Europea - UE	- Ridurre del 20% entro il 2020 le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 - Sostenere lo sviluppo di tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio per intrappolare e immagazzinare la CO2 emessa dalle centrali elettriche e da altri impianti di grandi dimensioni - Ridurre del 40% entro il 2030 le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 - Ridurre del 50% entro il 2050 le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990.	- Istituzione di un sistema per lo scambio di quote di gas a effetto serra (ETS) all'interno dell'Unione europea; - Adozione di normative per promuovere l'utilizzo di energie rinnovabili; - Programmi di finanziamento per la cattura e lo stoccaggio di carbonio e per lo sviluppo di tecnologie per le energie rinnovabili - Sviluppo del programma NER 300* del 2015, uno dei maggiori programmi di finanziamento a livello mondiale per progetti dimostrativi a basse emissioni di carbonio a carattere innovativo.
Agenzia Europea dell'Ambiente AEA	- Sostenere l'attuazione della normativa in materia di mitigazione del cambiamento climatico in Europa, - Sostenere la valutazione delle politiche dell'Unione e lo sviluppo di strategie a lungo termine per mitigare i cambiamenti climatici.	- Analisi di tendenze, proiezioni nonché politiche e misure in materia di emissioni di gas a effetto serra in Europa. - Compilazione e pubblicazione dell'inventario annuale dei gas a effetto serra dell'Unione europea - Valutazione dei progressi dell'UE e dei singoli Paesi in relazione ai loro obiettivi in materia di clima ed energia.
United Nation Framework Conference of Climate Change - UNFCCC	- Ridurre entro il 2050, le proprie emissioni di gas a effetto serra dell'80 - 95 % rispetto ai livelli del 1990	- Redazione di Piani di adattamento nazionali - Fornisce sostegno rafforzato alle iniziative esistenti attraverso finanziamenti - Mobilita lo sviluppo di nuovi partner - Sviluppo di una piattaforma per la visibilità delle azioni di mitigazione e adattamento, di impegni e risultati.
IntergovernamentPannel on Climate Change - IPCC	- Fornire valutazioni scientifiche sui cambiamenti climatici, - Sottolineare l'importanza delle strategie e delle misure di mitigazione da adottare - Proporre opzioni di adattamento e mitigazione	- Determina lo stato delle conoscenze sui cambiamenti climatici attraverso rapporti neutrali, ultimo Report IPCC 2019 - Sviluppa un glossario generale in cui vengono riproposte alcune definizioni sul concetto stesso -Mitigazione dei cambiamenti climatici, un intervento umano per ridurre le emissioni dei gas serra. -Misure di mitigazione, tecnologie, processi o pratiche. - Opzione di mitigazione, una tecnologia che riduce le emissioni di gas serra -Scenario di mitigazione, una descrizione su come il sistema studiato risponde all'attuazione di misure di mitigazione.

Tab. 3 - Principali politiche di mitigazione / *Main mitigation policies since 1997.*

nable design of the built environment, open spaces, mobility and energy networks according to an integrated approach in the design of innovative type and technological solutions with very low energy consumption and high levels of performance (Lucarelli, 2018);

- *passive design, through the manipulation of the shape and layout of buildings and urban districts according to bioclimatic principles linked to orientation and flows (thermal, ventilated, luminous) in relation to the specific local climatic conditions;*
- *the promotion of "performance-based" design, simulation and assessment methods at the urban and building scale for the reduction of environmental impacts (EEA, 2012);*
- *industrial research and development of new materials for energy efficiency in buildings and climate mitigation on an urban scale (Marrone & Orsini, 2018).*

Furthermore, in order to achieve effective and concrete results, it is necessary to integrate mitigation strategies and measures with the most innovative technologies, such as:

- *mass retrofitting, which represents a valid opportunity for the integration of active and passive technical and design solutions in a multi-scalar (building-district-city) perspective, for the reduction of environmental impacts in the life cycle of buildings, for the introduction of local energy generation systems from renewable sources, for energy demand management, for distribution and exchange between prosumers through smart grids, and for local synergy mechanisms;*
- *"cool" materials (high solar reflectance and thermal emissivity) as effective passive solutions to reduce cooling needs in buildings;*
- *use of appropriate insulation levels, building materials offering adequate thermal inertia and exterior surface coatings characterised by effective albedo values.*

The approach to mitigation, therefore, should be transversal and integrated between disciplinary areas in order to put in place a flexible adaptation strategy, through a coherent knowledge chain, able to modulate the responses based on the different evidence and needs that are manifested in the territory (Regione Emilia Romagna, 2019).

The effectiveness of mitigation strategies, complementary and integrated, implies the adoption of proactive measures through environmental protection planning and reactive measures to minimize the negative consequences of future climate change, thus ensuring the efficiency of the systems with the reduction of vulnerability levels and the gradual increase in resilience that can become an economic opportunity.

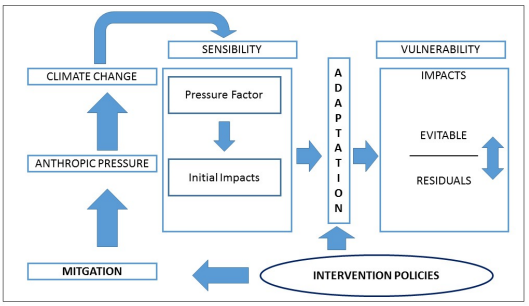


Fig. 3 - Determinanti degli impatti dei cambiamenti climatici / *Determinants of climate change impacts*.

- uso di livelli di isolamento appropriati, di materiali da costruzione che offrano un'adeguata inerzia termica e di rivestimenti delle superfici esterne caratterizzati da efficaci valori di albedo.

L'approccio alla mitigazione, pertanto, dovrebbe essere trasversale e integrato tra ambiti disciplinari al fine di poter mettere in campo una strategia di adattamento flessibile, attraverso una filiera coerente di conoscenze, in grado di modulare le risposte sulla base delle diverse evidenze ed esigenze che si manifestano sul territorio (Regione Emilia Romagna, 2019).

L'efficacia delle strategie di mitigazione, complementari ed integrate, implica l'adozione di misure proattive attraverso la pianificazione della protezione ambientale e di misure reattive per minimizzare le conseguenze negative dei cambiamenti del clima futuro, garantendo così l'efficienza dei sistemi con la riduzione dei livelli di vulnerabilità e l'aumento graduale della resilienza che può diventare un'opportunità economica.

References

Bertoldi, P., Bornás Cayuela, D., Monni, S. & Piers de Raveschoot, R. (2010), "Linee Guida Come Sviluppare Un Piano di Azione per l'Energia Sostenibile" - PAES, available at: https://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/seap_guidelines_it-2.pdf (accessed 20 May 2020).

CommissioneEuropea (2009) *Libro Bianco, Adapting to climate change: Towards an European framework for action*, Bruxelles.

EEA Report (2012) *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies,* n. 2, Copenhagen.

Enciclopedia Treccani, available at: http://www.treccani.it/enciclopedia/ (accessed 18 May 2020).

Flanders Environment Agency (2015) - *MIRA Climate Report 2015: About observed and future climate changes in Flanders and Belgium*.

IPCC (2018) *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.*

IPCC Report (2019) *Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems,* Special Report.

Lucarelli, M. T., (2018), "Verso una nuova centralità ecologica dell'ambiente costruito", *EWT . Eco Web Town,* n.18, vol. II/ 2018.

Lucarelli, M. T., D'Ambrosio, V. & Milardi, M. (2017) "Resilenza e adattamento dell'ambiente costruito", in Antonini E. & Tucci F. (eds), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano.

Lucarelli, M.T. & Rigillo, M. (2018), "Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment,* n. 15, Resilienza Architettonica, pp. 60-64.

Marrone P. & Orsini F. (2018), "Resilienza e ambienti urbani aperti. Misure di adattamento e di mitigazione a confronto", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment,* n. 15, Resilienza Architettonica, pp. 348-357.

MATTM (2017), *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*.

Protezione Civile (2018), *European Forum on Disaster Risk Reduction* , 21-23 Nov.2018, Roma.

Rapporto dell'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) (2016) "Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease", in Palm J. (ed), *Energy Efficiency*, InTech, JanezaTrdine, Croatia.

Regione Emilia Romagna, DG Cura del Territorio e Ambiente (2019) *Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia Romagna,* available at: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/cambiamenti-climatici/temi/la-regione-per-il-clima/strategia-regionale-per-i-cambiamenti-climatici/documento-e-allegati-strategia-di-adattamento/strategia-regionale-mitigazione-adattamento__12_12_18_rev20_finale.pdf/@@download/file/Strategia+Regionale+Mitigazione&Adattamento__12_12_18_rev20_FINALE.pdf (accessed 01 June 2020).

Resilienza
Resilience

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

Il termine resilienza deriva dal latino *resiliens-entis*, participio presente del verbo *resilire* che significa rimbalzare, alludendo a un comportamento elastico e alla capacità di riconquistare una condizione di equilibrio. È stato declinato in molteplici ambiti disciplinari tra cui Fisica, Biologia, Psicologia, Arte e Informatica. È un concetto praticato nella Meccanica, nella metà del XIX sec., per significare una combinazione di resistenza e duttilità: un materiale resiliente resisterebbe ad una forza applicata (resistenza) e la assorbirebbe deformandosi (duttilità). Oltre alla Meccanica, il termine si è inizialmente sviluppato in Psicologia infantile e Antropologia. Nel tempo, l'applicazione del termine è stata estesa, per analogia, alle scienze umane, per cui la società resisterebbe agli eventi perturbativi adattandosi a loro (Alexander, 2013).

Nella tabella seguente (Tab. 1) si riportano su scala temporale le principali definizioni del termine nella letteratura tecnica sul cambiamento climatico.

Autore	Anno	Definizione
IPCC	2018	"The capacity of social, economic and environmental systems to cope with a hazardous event or trend or disturbance, responding or reorganising in ways that maintain their essential function, identity and structure, while also maintaining the capacity for adaptation, learning and transformation."
EEA	2016	"Resilience is the capacity of social, economic and environmental systems to cope with a hazardous event or trend, responding or reorganizing in ways that maintain their essential function, identity and structure, while also maintaining the capacity for adaptation, learning and transformation."
Artic Council	2013	"The capacity of a social-ecological system to cope with disturbance, responding or reorganizing in ways that mantain its essential function, identity and structure, whilst also maintaining the capacity for adaptation, learning and trasformation."
UNISDR	2009	"The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate to and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions."

Tab. 1 - Definizioni del termine *Resilienz*a nella letteratura tecnica sul *Climate change* / *Definitions of the term Resilience in the technical literature on Climate change.*

The term resilience comes from the Latin resiliens-entis, present participle of the verb resilire that means bouncing, alluding to an elastic behavior and the ability to regain a state of equilibrium. It has been developed in various disciplines including Physics, Biology, Psychology, Art and Informatics. It is a concept practiced in Mechanics, in the mid-nineteenth century, to mean a combination of resistance and ductility: a resilient material would resist an applied force (resistance) and absorb it by deformation (ductility). In addition to Mechanics, the term initially developed into Child Psychology and Anthropology. Over time, the application of the term has been extended, by analogy, to the human sciences, so society would resist disruptive events by adapting to them (Alexander, 2013).

In the following table (Tab. 1) the main definitions of the term in the technical literature on climate change are reported on a time scale.

The following elements emerge from the definitions:

- *resilience is described as the ability to cope with disruption, change and hazard;*
- *the system undergoing the change is described in general terms, either as a socio-ecological system or as a community and society;*
- *change is seen as an element to be opposed or addressed by absorption, response and recovery capacity;*
- *there are distinct positions on the reconfiguration of the system as a result of the change, whether it should return to its initial condition or whether it can adopt a different one while maintaining the same functions, structure and identity or reconstituting differently;*
- *some definitions give as a key variable to measure the resilience of the system the time taken to return to an equilibrium condition.*

Fundamental to understanding the evolution of the term (UN-Habitat, 2017) are the different interpretations (Fig. 1) about the equilibrium condition:

- *engineering resilience: the ability of a system to absorb an external shock and quickly return to the initial stage, seen as*

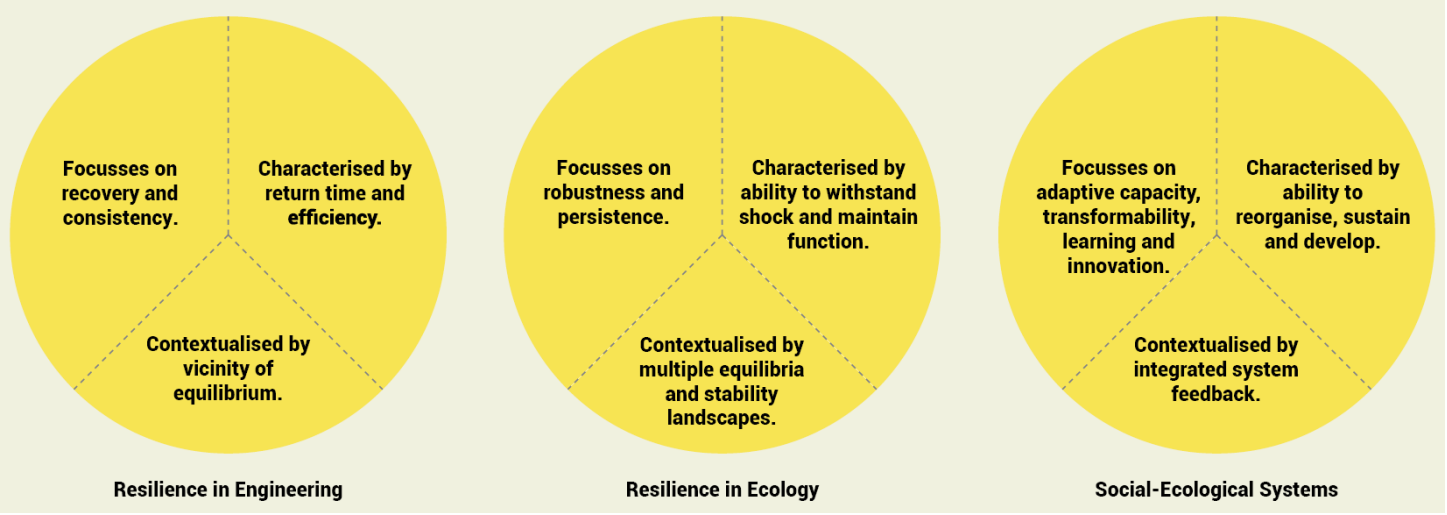


Fig. 1 - Comparazione tra le tre principali declinazioni del termine *Resilienza* nel campo dell'Ingegneria, dell'Ecologia e delle Scienze Socio-Ecologiche / *Comparison between the three main declinations of the term Resilience in the fields of Engineering, Ecology and Socio-ecological Sciences* (Source: https://urbanresiliencehub.org/article/understanding-urban-resilience/).

the only possibility of balance. According to this approach perturbation is an element to be countered and resilience is therefore perceived as a state or a sequence of states leading to determinable results (Pimm, 1984; Bruneau et al., 2003);

- *resilience of ecosystems: the ability of a system in dynamic equilibrium to undergo external shocks reconfiguring in a different stage, reporting a high degree of homeostasis. In Ecology we highlight the fundamental document of 1973 by Crawford S. Holling, often cited as the first development of the term within the discipline (Folke, 2006; Klein et al., 2003; Meerow & Newell, 2015). The Evolutionary Resilience admits the existence of several possible states of equilibrium provided that the functionality within the system is restored (Davoudi, 2012), this does not necessarily imply a return to the previous state, considering the change inherent in the system and promoting its adaptability. The main references are related to the Adaptive Cycle (Walker & Salt, 2008) and Panarchy (Gunderson & Holling, 2001) concepts developed by the Resilience Alliance, an interdisciplinary research network on resilience thinking on SES (Social and Ecological Systems). However, despite the popularity of Holling's formulation, it has considerable drawbacks when applied to social systems, especially in the context of DRR (Disaster Risk Reduction). There are two reasons for this. The first is that socio-economic systems are seldom in equilibrium and nor do they necessarily tend towards it, as they have a greater tendency to trended equilibrium (fuelled by population*

zioni del termine nella letteratura tecnica sul *Climate change*.

Dalle definizioni si evincono i seguenti elementi:

- la resilienza viene descritta come la capacità di affrontare perturbazioni, cambiamenti e *hazard*;
- il sistema che subisce il cambiamento viene descritto in termini generici, oppure come un sistema socio-ecologico o come una comunità e società;
- il cambiamento viene considerato come un elemento a cui opporsi o da affrontare attraverso capacità di assorbimento, risposta e recupero;
- si riscontrano posizioni distinte sulla riconfigurazione del sistema a seguito del cambiamento, se debba ritornare alla condizione iniziale o se possa adottarne una diversa, mantenendo le stesse funzioni, struttura e identità oppure ricostituendosi differentemente;
- alcune definizioni riportano come variabile fondamentale per misurare la resilienza del sistema il tempo impiegato a tornare a una condizione di equilibrio.

Fondamentali per comprendere l'evoluzione del termine (UN-Habitat, 2017) sono le diverse interpretazioni (Fig. 1) in merito alla condizione di equilibrio:

- resilienza ingegneristica: la capacità di un sistema di assorbire uno shock esterno e ritornare rapidamente allo stadio iniziale, visto come unica possibilità di equilibrio. Secondo questo approccio la perturbazione è un elemento da contrastare e la resilienza viene quindi percepita come uno stato o una sequenza di stati che portano a risultati determinabili (Pimm, 1984; Bruneau et al., 2003);
- resilienza degli ecosistemi: la capacità di un sistema in equilibrio dinamico di subire shock esterni riconfigurandosi in uno stadio differente, riportando un alto grado di omeostasi. In Ecologia si evidenzia il documento fondamentale del 1973 di Crawford S. Holling, spesso citato come primo sviluppo del termine all'interno della disciplina (Folke, 2006; Klein et al., 2003; Meerow & Newell, 2015). L'*Evolutionary Resilience* ammette l'esistenza di diversi possibili stati

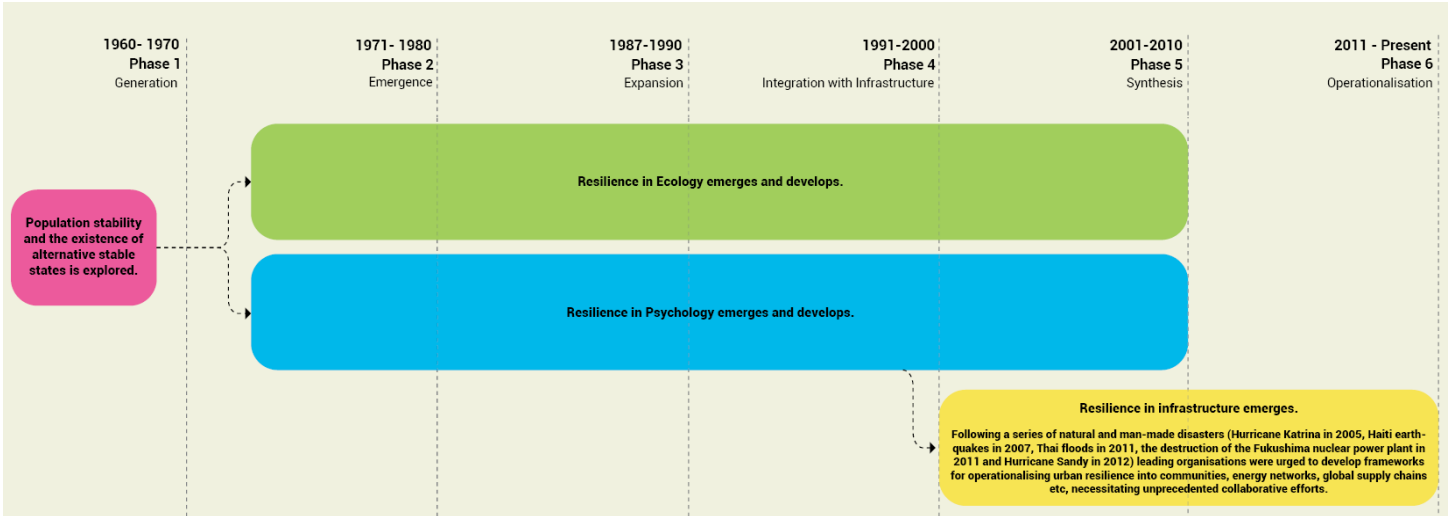


Fig. 2 - Sviluppo temporale sintetico dell'evoluzione della teoria della resilienza e della sua applicazione nella gestione e progettazione urbana / *Simplified timeline of the evolution of resilience theory and its application in urban management and design* (Source: https://urbanresiliencehub.org/article/understanding-urban-resilience/).

di equilibrio purché venga ripristinata la funzionalità interna al sistema (Davoudi, 2012), ciò non comporta necessariamente un ritorno allo stato precedente, considerando il cambiamento insito al sistema e promuovendone le capacità di adattamento. I riferimenti principali sono legati ai concetti di Ciclo adattivo (Walker & Salt, 2008) e Panarchia (Gunderson & Holling, 2001) sviluppati dalla *Resilience Alliance*, una rete di ricerca interdisciplinare dedicata al *resilience thinking* sui SES (Sistemi Socio-Ecologici). Tuttavia, nonostante la popolarità della formulazione di Holling, questa comporta notevoli svantaggi quando viene applicata ai sistemi sociali, soprattutto nel contesto della riduzione del rischio di catastrofi DRR (Disaster Risk Reduction). Vi sono due ragioni. La prima è che i sistemi socioeconomici sono raramente in equilibrio e non necessariamente tendono verso di esso, in quanto hanno una maggiore propensione a cercare di raggiungere un andamento bilanciato (alimentato dalla crescita della popolazione, dalla disparità di reddito, dal crescente insediamento in aree a rischio e così via). Il secondo motivo è che un ritorno a condizioni preesistenti non è necessariamente auspicabile. Per questo motivo, nel contesto della DRR, il tardo Bernard Manyena ha sviluppato il concetto di *bouncing forward* (al contrario di *bouncing back*), intendendo una progressione post-disastro verso una condizione più sicura e robusta (Manyena et al., 2011). Mentre un equilibrio stabile è auspicabile nei sistemi ecologici che devono sviluppare delle serie che tendono verso lo stato culminante, lo stesso non può essere detto per la società, che deve mettere a punto le proprie modalità di sopravvivenza da pericoli e minacce;

- resilienza socio-ecologica e sociale: la capacità della comunità di sostenere shock esterni governando positivamente i cambiamenti indotti su infrastrutture, ambiente esterno, sistema economico e sociale (Adger, 2000; Carpenter et al., 2001; Gunderson & Holling, 2001). Secondo Adger la resilienza sociale può essere misurata attraverso: la resistenza agli shock esterni, la capacità di recu-

growth, diverging income inequalities, increased settlement of hazardous land, and so on). The second reason is that a return to pre-existing conditions is not necessarily desirable. For this reason, in the context of DRR, the late Bernard Manyena developed the concept of 'bounce forward' (as opposed to 'bounce back'), a post-shock progression to a safer and more robust state (Manyena et al., 2011). Whereas stable equilibrium is desirable in ecological systems that must develop series that tend towards the climax state, the same cannot be said for society, which must develop its way out of danger from hazards and threats.

- *socio-ecological and social resilience: the ability of the community to sustain external shocks by positively managing the induced changes in infrastructure, external environment, economic and social system (Adger, 2000; Carpenter et al., 2001; Gunderson et al., 2001). According to Adger, social resilience can be measured by: resistance to external shocks, resilience to them, creativity, or the ability to adapt to new circumstances. While Lorenz (2010) identifies three fundamental components of the social resilience approach, which through the concept of ecosystem can extend to the built environment: adaptive capacity, coping capacity, participatory or self-reflective capacity organization. The concept of equilibrium is considered here as not assimilated to resilience, seen as a process of continuous transformation, which has change as its permanent status.*

Due to its adaptability, the term has recently been widely used

(Fig. 2), accompanied by a proliferation of definitions (Turner, 2014). Its generic nature, in fact, allows stakeholders to establish a dialogue without necessarily having to agree on an exact definition; at the same time this abstraction can make its operational application difficult (Meerow et al., 2015).

Beyond the numerous definitions developed in the various disciplines, some invariants are recognized characterizing the placement of resilience in a new epistemology of complexity: the resilience is systemic, interscalar and interdisciplinary; it refers to processes that involve the multifactorial interaction between phenomena and systems; provides procedural models that can foreshadow alternative scenarios of knowledge and operability through which to assess the transformations themselves (Lucarelli & Rigillo, 2018).

pero da essi, la creatività, ovvero la capacità di adattamento alle nuove circostanze. Mentre Lorenz (2010) individua tre componenti fondamentali del *social resilience approach*, che attraverso il concetto di ecosistema possono estendersi all'ambiente costruito: capacità adattiva, capacità di *coping*, capacità partecipativa o di auto-organizzazione. Il concetto di equilibrio viene qui considerato come non assimilabile alla resilienza, vista come un processo di trasformazione continuo, che ha come *status* permanente quello del cambiamento.

Per la sua adattabilità si è assistito recentemente a un'ampia diffusione del termine (Fig. 2), accompagnata da una proliferazione di definizioni (Turner, 2014). La sua genericità, infatti, consente agli stakeholders di instaurare un dialogo senza necessariamente doverne concordare una definizione esatta; al tempo stesso questa astrattezza può rendere difficile la sua applicazione operativa (Meerow & Newell, 2015).

Al di là delle numerose definizioni sviluppate nei diversi ambiti disciplinari si riconoscono alcune "invarianti" che caratterizzano la collocazione della resilienza in una nuova epistemologia della complessità: la resilienza è sistemica, interscalare e interdisciplinare; è riferita a processi che prevedono l'interazione multifattoriale tra fenomeni e sistemi; prevede modelli processuali in grado di prefigurare scenari alternativi di conoscenza e operabilità attraverso cui valutare le trasformazioni stesse (Lucarelli & Rigillo, 2018).

References

Adger, W.N. (2000), "Social and ecological resilience: are they related?", *Urban Geography*, vol. 24, n. 3, pp. 347-364.

Alexander, D.E. (2013), "Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey.", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, n. 13, pp. 2707-2716.

Arctic Council (2013), A*rctic Resilience Interim Report 2013*, Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Stockholm.

Bruneau, M., Chang, S., Eguchi, R., Lee, G., O'Rourke, T., Reinhorn, A., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. & von Winterfeldt, D. (2003), "A framework to quantitatively assess and enhance seismic resilience of communities", *Earthq. Spectra*, n. 19, pp. 733-752.

Carpenter, S.R., Walker, B.H., Anderies, J.M. & Abel, N. (2001), "From metaphor to measurement: resilience of what to what?", *Ecosystems*, n. 4, pp. 765-781.

Davoudi, S. (2012), "Resilience: A Bridging Concept or a Dead End?", *Planning Theory and Practice*, vol. 13, No. 2, pp. 299-333.

EEA European Environmental Agency (2016), *Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate,* Report No 12/2016.

Folke, C. (2006), "Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses", *Global Environment Change*, vol. 16, n. 3, pp. 253-267.

Gunderson, L. H. & Holling, C. S. (2001), *Panarchy: understanding trasformations in human and natural systems*, Island press, Washington.

Holling, C. S. (1973), *Resilience and stability of ecological systems*, Institute of Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver.

Klein, R. J. T., Nicholls, R. J. & Thomalla, F. (2003), "Resilience to natural hazards: How useful is this concept?", *Environmental Hazards*, n. 5, pp. 35–45.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, in press.

Lorenz, D.F. (2010), "The diversity of resilience: contributions from a social science perspective", *Nat. Hazards*, n. 67, pp. 7-24.

Lucarelli, M. T. & Rigillo, M. (2018), "Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo", *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, pp. 60-64.

Manyena, S.B., O'Brien, G., O'Keefe, P. & Rose, J. (2011), "Disaster resilience: a bounce back or bounce forward ability?", *Local Environment*, n. 16, pp. 417-424.

Meerow, S. & Newell, J. P. (2015), "Resilience and complexity: A bibliometric review and prospects for industrial ecology.", *Journal of Industrial Ecology*, n. 19(2), pp. 236–251.

Pimm, S.L. (1984), "The complexity and stability of ecosystems", *Nature*, n. 307, pp. 321-326.

Turner, M.D. (2014), "Political ecology I: An alliance with resilience?", *Prog. Hum. Geogr.,* n. 38, pp. 616–623.

UN-Habitat (2017), *Trends in Urban Resilience 2017.*

UNISDR United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2009), *Terminology on Disaster Risk Reduction*.

Walker, B. & Salt, D. (2008), *Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world*, New York, Island Press.

Resilienza urbana
Urban Resilience

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

Il concetto di resilienza ha acquisito una particolare importanza per le città, spesso teorizzate come sistemi adattivi altamente complessi (Godschalk, 2003) derivanti dall'interazione di diversi sottosistemi: fisico, funzionale e socio-economico.

Il cambiamento climatico sta producendo crisi crescenti in ciascuno di questi sottosistemi, con conseguenze per la società nel suo insieme. In merito a ciò, risulta opportuno distinguere tra *specific resilience*, la capacità di reazione di una parte del sistema urbano nei confronti di una specifica minaccia, e *generic resilience*, ossia la resilienza del sistema urbano a livello sistemico. Talvolta può accadere che migliorare la resilienza specifica di un settore o sottosistema, senza una visione d'insieme, possa comportare un peggioramento di quella di altri settori o, nel lungo periodo, pregiudicare la resilienza generica dell'intero sistema (Folke et al., 2010; Carpenter et al., 2001).

Il dibattito culturale e scientifico sulla resilienza ha progressivamente sviluppato scenari di *resilience thinking* (Rees, 2010) nel contesto delle discipline focalizzate sull'ambiente costruito, in particolare nelle aree urbane, che rappresentano un ambito prioritario per ridurre i rischi rispetto ai diversi *hazards* climatici. La resilienza di territori, città ed edifici rappresenta la nuova sfida nell'attuale società del rischio, in una condizione *hazard-specific* e *site-specific* in cui è necessario coniugare progettualità e innovazione in riferimento alle capacità adattive, reattive e rigenerative volte a minimizzare gli impatti e le vulnerabilità derivanti da eventi estremi (Losasso, 2018). Il *resilient thinking* sta riposizionando la domanda di ricerca su una "epistemologia di confine" dove l'oggetto di indagine può essere compreso solo attraverso una narrazione trasversale rispetto a quella consolidata e sperimentata negli ambiti disciplinari, avviando un processo di ibridazione culturale strettamente connesso alla natura dinamica dei processi che legano insieme le dimensioni fisiche, sociali ed economiche della società contemporanea (Tagliagambe, 1997; Brand & Jax, 2007) in una logica che richiede l'andare "oltre il reagire", contrastando le soluzioni rigide e favorendo le connessioni molteplici in un approccio non lineare, capace di tenere in considerazione gli aspetti materiali, immateriali e le diverse scale spaziali-temporali (Jabareen, 2013).

Alla sfida globale del cambiamento climatico sapranno meglio rispondere le città che ridurranno la propria vulnerabilità applicando politiche di resilienza sinergiche (Mezzi & Pelizzaro, 2016). Musco (2016) afferma che se da un lato i sistemi urbani svolgono un ruolo di produzione di esternalità negative e climalteranti, al contempo costituiscono il contesto privilegiato di sperimentazione e innovazione di nuove pratiche di resilienza agli impatti che esse stesse generano. La città è intesa quindi come un sistema fluido in cui innovativi luoghi flessibili costituisco-

The concept of resilience has acquired a particular importance for cities, often theorized as highly complex adaptive systems (Godschalk, 2003) deriving from the interaction of different subsystems: physical, functional and socio-economic.

Climate change is producing increasing crises in each of these subsystems, with consequences for society as a whole. With regards to this, a distinction should be made between specific resilience, the ability of a part of the urban system to react to a specific threat, and generic resilience, that is the resilience of the urban system at a systemic level. Sometimes it can happen that improving the specific resilience of a sector or subsystem, without an overall vision, may lead to a worsening of that of other sectors; or in the long run, affect the general resilience of the whole system (Folke et al., 2010; Carpenter et al., 2001).

The cultural and scientific debate on resilience has progressively developed resilience thinking scenarios (Rees, 2010) in the context of disciplines focused on the built environment, particularly in urban areas, which are a priority area for reducing risks in relation to different climatic hazards. The resilience of territories, cities and buildings represents the new challenge in the current society of risk, in a hazard- specific and site-specific condition where it is necessary to combine design and innovation in reference to adaptive, reactive and regenerative capacities to minimize impacts and vulnerabilities arising from extreme events (Losasso, 2018). Resilient thinking is repositioning research demand on a "boundary epistemology" where the object of investigation can be understood only through a narrative transversal to that consolidated and experienced in the disciplinary fields, initiating a process of cultural hybridization closely linked to the dynamic nature of the processes that combine together the physical, social and economic dimensions of contemporary society (Tagliagambe, 1997; Brand & Jax, 2007) in a logic that requires the go "beyond reacting", contrasting rigid solutions and favoring multiple connections in a non-linear approach, able to take material, immaterial and the different spatial-temporal scales aspects into account (Jabareen, 2013).

The global challenge of climate change will be better ad-

dressed by cities that reduce their vulnerability by applying synergistic resilience policies (Mezzi & Pelizzaro, 2016). Musco (2016) states that while urban systems play a role in producing negative and climate-alteratings externalities, at the same time they constitute the privileged context of experimentation and innovation of new practices of resilience to the impacts that they themselves generate. The city is thus understood as a fluid system in which innovative flexible places constitute adaptability "reserve". Currently urbanized contexts often show low or no resilience, but the current state of instability of weather and climate phenomena requires a fundamental rethinking of the relationship between climate and design choices (Angelucci et al., 2015) by introducing the resilience paradigm in the design of the urban environment as a strong innovation factor in the methods and process of transformation (Rigillo, 2015). Considering the impact of physical conditions and performance of buildings and open spaces on levels of adaptation, one can provide a response for a resilient city through adaptive design and technology solutions addressing both the system of the built and the connective network of public spaces, elected as a privileged field of intervention in the Plans and Strategies of Adaptation to Climate Change (D'Ambrosio, 2018).

The report Saving Cities: adaptation as part of Development (UN-Habitat, 2011) classify strategic actions to enhance resilience to climate change in three main categories: structural "grey", "physical" interventions based on deep renovation operations of buildings and infrastructures that make them able to withstand self-poietically to extreme events; "green" infrastructures, "biophysical" interventions that use the functions, services and resources offered by ecosystems to achieve effective and viable solutions based on an optic of progressive strengthening nature-based; non structural "soft", policies and procedures to reduce or prevent the vulnerability of the system as a whole to both environmental change (climate change) and chronic problems (resource scarcity).

The systemic adoption of NBS (Nature Based Solutions) can enable to integrate into an organic vision the design of transformation and management of the environmental, landscape and socio-economic components, in a perspective of increasing urban resilience to climate change (EC, 2015). GIs (Green Infrastructures) are an advanced application of the NBS that proposes a reflection on how to obtain proactively ecosystem services enhancing the benefits deriving from positive socio-ecological interactions (Fig. 1).

The theme of resilience in the field of Architectural Technology is developed to identify an interdisciplinary approach, that knows how to frame the demand for management pro-active climate change risk in spatial analysis from an immediate ope-

no "riserve" di adattabilità. Attualmente i contesti urbanizzati evidenziano spesso una resilienza bassa o addirittura nulla, ma l'attuale condizione di instabilità dei fenomeni meteorologico-climatici richiede un sostanziale ripensamento delle relazioni tra il clima e le scelte progettuali (Angelucci et al., 2015), introducendo il paradigma della resilienza nella progettazione come forte fattore di innovazione dei metodi e del processo di trasformazione dell'ambiente urbano (Rigillo, 2015). Considerando l'incidenza delle condizioni fisiche e delle prestazioni di edifici e spazi aperti sui livelli di adattamento, si può fornire una risposta per una città resiliente attraverso soluzioni progettuali e tecnologiche adattive rivolte sia al sistema del costruito, che al tessuto connettivo degli spazi pubblici, eletti come ambito di intervento privilegiato nei Piani e nelle Strategie di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (D'Ambrosio, 2018).

Il report *Saving Cities: Adaptation as part of Development* (UN-Habitat, 2011) classifica le azioni strategiche per innalzare le capacità di resilienza al cambiamento climatico in tre principali categorie: strutturali "grigie", interventi "fisici" basati su operazioni di *deep renovation* di edifici e infrastrutture che li rendano capaci di resistere auto-poieticamente a eventi estremi; infrastrutturali "verdi", interventi "biofisici" che utilizzino le funzioni, i servizi e le risorse offerti dagli ecosistemi per realizzare soluzioni efficaci e praticabili improntate su un'ottica di progressivo irrobustimento *nature-based*; non strutturali "*soft*", politiche e procedure volte a ridurre o a prevenire la vulnerabilità dell'intero sistema sia ai mutamenti ambientali (cambiamenti climatici) che ai problemi cronici (scarsità delle risorse).

L'adozione sistemica di NBS (*Nature Based Solutions*) può consentire di integrare entro una visione organica il progetto di trasformazione e gestione delle componenti ambientali, paesaggistiche e socio-economiche in una prospettiva di incremento della resilienza urbana rispetto al *Climate change* (EC, 2015). Le GI (Green Infrastructures) sono un'applicazione evoluta delle NBS che propone una riflessione su come ottenere proattivamente servizi ecosistemici potenziando i vantaggi derivanti da interazioni socio-ecologiche positive (Fig. 1).

Il tema della resilienza nel campo della TdA (Tecnologia dell'Architettura) si sviluppa per individuare un approccio interdisciplinare, che sappia inquadrare la richiesta di gestione pro-attiva del rischio *Climate change* nell'ambito dell'analisi spaziale secondo una prospettiva immediatamente operativa, volta a mettere a sistema le soluzioni progettuali, le scelte costruttive e le prestazioni ambientali del luogo urbano verso la definizione di un approccio progettuale *resilience-based* (Rees, 2010; Serre et al., 2012; Turnbull et al., 2013), riaffermando l'integrazione di strategie di adattamento e mitigazione attraverso soluzioni tecnologiche *ad hoc* basate su un'attenta lettura del contesto.

L'area disciplinare della TdA vede la Resilienza Urbana declinata secondo tre linee fondamentali di sviluppo:

- governo della dimensione processuale del progetto: l'applicazione del *resilience management* all'ambiente costruito coinvolge la tecnologia come disciplina deputata al governo dei processi complessi, portando il focus della ricerca disciplinare sull'idea di *operational resilience* (Losasso, 2018). L'elevata indeterminatezza con cui si identificano i contesti contemporanei costringe a esplorare nuovi processi progettuali in grado di costruire scenari alternativi, rafforzando la necessità di anticipare propria al progetto. Si tratta di definire la resilienza in termini di *What to what*, valutare cioè come le strategie cambiano al variare di: conte-

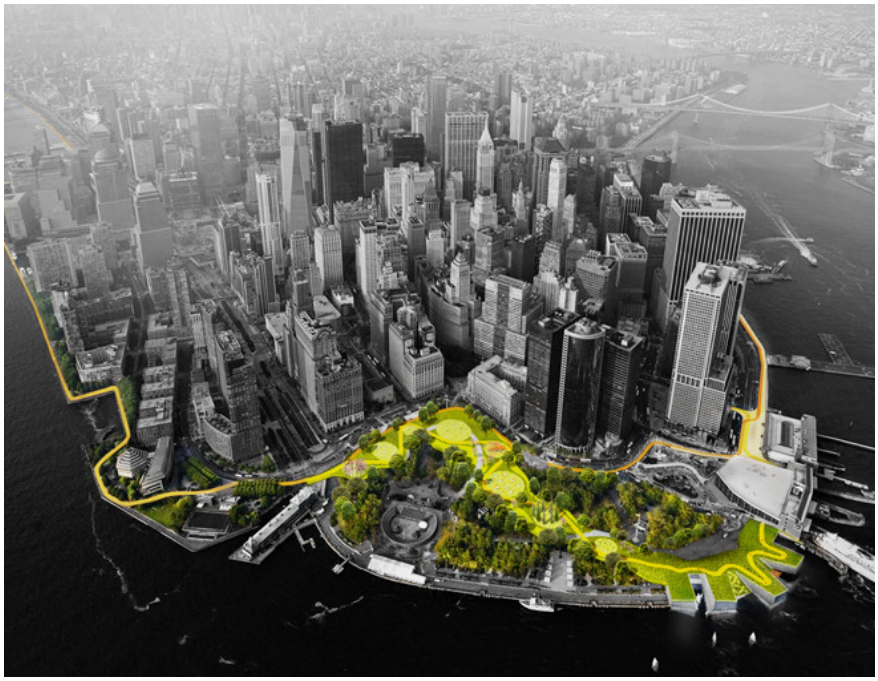


Fig. 1 - Il progetto The Big U per l'adattamento di NY all'innalzamento del livello del mare / *The Big U project for NY's adaptation to sea level rise* (Source: http://www.rebuildbydesign.org/our-work/all-proposals/winning-projects/big-u).

sto specifico di indagine, scala temporale e socio-spaziale, tecnologie impiegate. Un approccio efficace e inclusivo per la *governance* di tali processi dovrebbe fondarsi su un forte coinvolgimento degli *stakeholders* locali (pubblici, privati e del terzo settore) portando all'identificazione delle problematiche attinenti ai diversi ambiti coinvolti (politici, sociali, tecnici, economici, ambientali) (Carpenter et al., 2001);

- visione sistemica e multi-scalare del progetto: il progetto resiliente incorpora l'incertezza, gli spazi diventano ad assetto variabile definendo un ambiente urbano che acquisisce il carattere di "meccanismo", seguendo i temi della temporaneità, leggerezza e flessibilità. La cultura tecnologica pensa a un progetto aperto e agile, in grado di gestire la dimensione temporale in un processo evolutivo, capace di integrare processi *top down* e *bottom up* attraverso azioni di *downscaling* che procedono per livelli differenziati di metaprogettazione (Forlani et al., 2016). L'anticipazione progettuale rappresenta una forma di resilienza, che attraverso modelli predittivi consente di prevenire condizioni di crisi. In relazione a particolari impatti che superano specifiche soglie, alcune 'nicchie' di adattamento dovrebbero essere capaci di mantenersi indenni, consentendo ad un sistema complesso di adeguarsi a nuove condizioni di esercizio migliorando la propria capacità adattiva (Losasso, 2018);
- approccio esigenziale-prestazionale: la capacità di resilienza rappresenta il nuovo orizzonte per l'aggiornamento della teoria esigenziale prestazionale, attraverso l'introduzione della resilienza come nuova classe esigenziale o l'integrazione di nuovi requisiti in altre classi già normate, volto non solo all'intro-

rational perspective, in order to systematise design solutions, the constructive choices and the environmental performances of the urban place towards the definition of a planning approach resilience-based (Rees, 2010; Serre et al., 2012; Turnbull et al., 2013), reaffirming the integration of adaptation and mitigation strategies through ad hoc technological solutions based on a accurate reading of the context.

The disciplinary area of Architectural Technology sees urban resilience declined along three main lines of development:

- *government of the procedural dimension of the project: the application of resilience management to the built environment involves technology as a discipline in the government of complex processes; bringing the focus of disciplinary research on the idea of operational resilience (Losasso, 2018). The high indeterminacy with which contemporary contexts are identified forces to explore new design processes able to build alternative scenarios, strengthening the need to anticipate own to the project. Draft to define the resilience in terms of What to what, to estimate how the strategies change with the changing of specific context of investigation, temporal and socio-spatial scale, technologies employed. An effective and inclusive approach to the governance of these processes should be based on strong involvement of local stakeholders (public, private and third sector) leading to the identification of issues relevant to the different areas involved (political, social, technical, economic, environmental) (Carpenter et al., 2001);*
- *systemic and multi-scale vision of the project: the resilient project incorporates uncertainty, the spaces become variable defining an urban environment that acquires the character of "mechanism", following the topics of temporary, lightness and flexibility. The technological culture thinks of an open and agile project, able to manage the temporal dimension in an evolutionary process, to integrate top down and bottom up processes through downscaling actions that proceed to differentiated levels of metadesign (Forlani et al., 2016). Project anticipation represents a form of resilience, which through predictive models allows to prevent crisis conditions. In relation to particular impacts exceeding specific thresholds, some "niches" of adaptation should be able to remain unharmed, enabling a complex system to adapt to new operating conditions by improving its adaptive capacity (Losasso, 2018);*
- *performance-needs approach: resilience is the new horizon for updating the performance theory; through the introduction of resilience as a new needs class or the integration of new requirements into other already standardised classes, aimed not only at the introduction of elements of adaptability and transforma-*

bility of the existing, but also, and above all, forward-looking features based on adaptive and flexible technologies capable of addressing future unknown actions. The main instruments and protocols for the certification of the environmental quality of the architectural and urban project and the management of the construction processes, such as LEED, BREEAM and ITACA, have recently started to define a general framework for assessing resilience (Larsen et al., 2011), alongside conventional climate mitigation issues also aspects related to climate adaptation.

duzione di elementi di adattabilità e trasformabilità dell'esistente, ma anche e soprattutto a caratteri previsionali basati su tecnologie adattive e flessibili in grado di affrontare azioni incognite future. I principali strumenti e protocolli per la certificazione della qualità ambientale del progetto architettonico e urbano e della gestione dei processi di costruzione, come LEED, BREEAM e ITACA, hanno recentemente iniziato a definire un quadro generale di valutazione della resilienza (Larsen et al., 2011), affiancando ai convenzionali temi di mitigazione climatica anche aspetti relativi all'adattamento.

References

Angelucci, F., Rui Braz, A., Di Sivo, M. & Ladiana, D. (2015), *The Technological Design of Resilient Landscape. Il progetto tecnologico del paesaggio resiliente*, Franco Angeli, Milano.

Brand, F.S. & Jax, K. (2007), "Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object", *Journal Ecology and Society*, vol. 12, n. 1, art. 23.

Carpenter, S.R., Walker, B.H., Anderies, J.M. & Abel, N. (2001), "From metaphor to measurement: resilience of what to what?", *Ecosystems*, vol. 4, pp. 765-781.

D'Ambrosio, V. (2018), "Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente", *Techne - Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, pp. 246-256.

European Commission (2015), *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*, Publications Office of the European Union.

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. & Rockström, J. (2010), "Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability", *Ecology and Society*, vol. 15, n. 4.

Forlani, M.C., Mussinelli, E. & Daglio, L. (2016), "Tecnologia, ambiente e progetto", in Lucarelli, MT., Mussinelli, E. & Trombetta, C. (eds), *Cluster in progress. La tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione The architectural Technology network for innovation*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Godschalk, D. (2003), "Urban hazard mitigation: Creating resilient cities", *Natural Hazards Review*, vol. 4, pp. 136-143.

Jabareen, Y. (2013), "Planning the resilient city: concepts and strateies for coping with climate change and environmental risk", *Cities*, vol. 13, pp. 220-229.

Larsen, L., Rajkovich, N., Leighton, C., McCoy, K., Calhoun, K., Mallen, E., Bush, K., Enriquez, J., Pyke, C., McMahon, S. & Kwok, A. (2011), *Green Building and Climate Resilience: Understanding Impacts and Preparing for Changing Conditions*, University of Michigan, US Green Building Council.

Losasso, M. (2018), "Progetto, Ambiente, Resilienza.", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, pp. 16-20.

Mezzi, P. & Pelizzaro, P. (2016), *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*, Altra Economia, Milano.

Musco, F. (2016), *Rigenerazione urbana e sostenibilità*, Franco Angeli, Milano.

Rees, W.E. (2010), "Thinking 'Resilience'", in Heinberg, R. & Lerch, D. (eds), *The Post Carbon Reader: Managing the 21st Century's Sustainability Crises*, Watershed Media, Healdsburg.

Rigillo, M. (2015), "Vulnerabilità e resilienza dell'ambiente urbano", *EWT/Eco Web Town*, *Magazine of Sustainable Design*.

Serre, D., Barroca, B. & Laganier, R. (2012), *Resilience and urban risk management*, proceedings of the conference "How the concept of resilience is able to improve urban risk management? A temporal and a spatial analysis", Paris, CRC Press.

Tagliagambe, S. (1997), *Epistemologia del confine*, Il Saggiatore, Milano.

Turnbull, M., Sterrett, C. & Hilleboe, A. (2013), *Toward Resilience: A Guide to Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation*, Practical Action Publishing Ltd, London.

UN-HABITAT (2011), *Cities and climate change. Global Report on human settlements 2011*, United Nations Human Settlements Programme, Earthscan, London-Washington DC.

Resilience Management

Rossella Rossi, *Università degli Studi di Firenze*
Maria Vittoria Arnetoli, *Università degli Studi di Firenze*

Il concetto di resilienza è stato utilizzato per la prima volta in riferimento alla riduzione delle catastrofi nel 1981 (Timmerman, 1981). Tuttavia, è stato solo negli anni 2000 che ha cominciato ad essere adottato come strategia specifica per la gestione delle popolazioni, in particolare sulla base del lavoro del geografo Neil Adger, che comprendeva la gravità e l'importanza per la società del cambiamento climatico (Adger, 2000).

Con la crescente conoscenza degli impatti dei mutamenti ambientali e la necessità di soddisfare le esigenze di una popolazione sempre più numerosa sul Pianeta Terra, la gestione della resilienza è nata come un nuovo approccio alla DRR (*Disaster Risk Reduction*).

La vasta e crescente letteratura disponibile sulla resilienza urbana dimostra, inoltre, la sua diffusione capillare come obiettivo delle Agende Urbane. L'attenzione prevalente è rivolta alla *governance*, promuovendo un approccio integrato, multi-livello e multi-stakeholders, che pone l'accento sulle possibili modalità per effettuare il passaggio dal *resilience thinking* al *resilience operating*, con un'emergente tendenza a produrre strumenti quantitativi, indicatori e standard per rendere la resilienza urbana misurabile.

Riconoscendo che le strategie individuali per affrontare i problemi urbani sono presumibilmente insufficienti, l'obiettivo è incoraggiare le città a sviluppare programmi olistici in cui le iniziative trasversali riescano a ridurre i pericoli e le minacce, promuovendo nel contempo la sicurezza, il benessere e la sostenibilità.

L'UCCRN nel secondo Rapporto di Sintesi ARC3-2 (Rosenzweig et al., 2018) presentato alla XXI Conferenza delle Parti UNFCCC (COP21) a Parigi e discusso con un panel di esperti internazionali durante la Conferenza UN Habitat III a Quito nel 2016, afferma che la pianificazione e la progettazione urbana abbiano un ruolo fondamentale da svolgere nella risposta globale ai cambiamenti climatici. Le azioni che contemporaneamente riducono le emissioni di gas a effetto serra e incrementano la resilienza ai rischi climatici dovrebbero avere la priorità a tutte le scale: regionale, metropolitana, del distretto e dell'edificio.

Pianificatori e progettisti possono basarsi su alcune strategie chiave che orientano le decisioni in risposta al cambiamento climatico: efficienza dei sistemi urbani, modifica della forma e del layout di edifici e quartieri, selezione di materiali riflettenti e incremento della copertura vegetale. Inoltre, un approccio di pianificazione e progettazione urbana resiliente è strutturato essenzialmente in quattro fasi: mappatura e analisi climatica, valutazione delle qualità caratterizzanti lo spazio pubblico, definizione dell'intervento di pianificazione e progettazione, valutazione post intervento.

Fondamentale risulta il progetto "*100 Resilient Cities*", avviato dalla Fondazione Rockfeller nel 2012 con il supporto di Arup, nel quale si definisce il CRF (*City Resilience Framework*), uno strumento rivolto alla valutazione sia *ex-ante* che *ex-post*,

The concept of resilience was first used in disaster reduction in 1981 (Timmerman, 1981). However, it was not until the 2000s that it began to be adopted as a specific strategy for managing populations, particularly on the basis of the work of the geographer Neil Adger, who understood the seriousness and importance for society of climate change (Adger, 2000).

With growing knowledge of the impacts of environmental transformation, and the need to accommodate an ever larger population on Planet Earth, resilience management came into being as a new approach to DRR (Disaster Risk Reduction).

The vast and growing literature available on urban resilience demonstrates its widespread diffusion as a goal of urban agendas and city development tools. The main focus is on governance, promoting an integrated, multi-level and multi-stakeholder approach, which focuses on how to make the transition from resilience thinking to resilience operating, with an emerging tendency to produce quantitative tools, indicators and standards to make urban resilience measurable.

Recognising that individual strategies for tackling urban problems are likely to be insufficient, the aim is to encourage cities to develop holistic programmes in which cross-cutting initiatives reduce hazards and threats while promoting safety, well-being and sustainability.

The UCCRN in the Second ARC3-2 Summary Report (Rosenzweig et al., 2018) presented at the XXI Conference of the UNFCCC Parties (COP21) in Paris and discussed with a panel of international experts during the UN Habitat III Conference in Quito in 2016, states that urban planning and design have a key role to play in the global response to climate change. Actions that simultaneously reduce greenhouse gas emissions and increase resilience to climate risks should have priority at all scales: regional, metropolitan, district and building.

Planners and designers can rely on key strategies that guide decisions in response to climate change: efficiency of urban systems, change in the shape and layout of buildings and neighbourhoods, selection of reflective materials and increase of plant cover. In addition, a resilient urban planning and design

approach is structured essentially in four phases: climate mapping and analysis, assessment of public space qualities, definition of the planning and design intervention, post-intervention evaluation.

Fundamental is the project "100 Resilient Cities", started by the Rockfeller Foundation in 2012 with the support of Arup, in which is defined the CRF (City Resilience Framework), a tool for both ex-ante and ex-post evaluation, defined through a desk-based analysis that identified urban resilience factors from more than 150 references (Fig. 1). The city is recognized as a macro-system to be analyzed and managed according to a 21 permormance-based approach able to overcome the analysis of individual sub-systems. According to "100 Resilient Cities" a resilient urban system must have the following 7 transversal functions: reflective, ability to learn from the past to make responsible and lasting choices for the future; flexible, ability to adapt quickly to different conditions in response to changing circumstances; integrated, multiscalarity and multidisciplinary approaches in decision making; robust, ability to last in time and to resist to the external stresses; resourceful, ability to optimize the ways of use of the resources; redundant, ability to achieve in different ways a certain need or to diverge its own internal functions; inclusive, ability to involve the whole community in decision-making processes. Four dimensions of resilience are also identified: health and wellbeing, actions to meet the primary and health needs of the citizen and psychological needs in terms of opportunities for education and sustenance; economy and society, careful management of local economic resources, a legislative apparatus aimed at the promotion of share capital; infrastrucutres and environment, regulatory and urban planning activities in managing artificial, natural and ecosystem services; leadership and strategy, identify and coordinate a wide range of stakeholders and forms of public-private partnerships, to strengthen the role of the individual city in a global network.

In addition to the aforementioned network of 100 Resilient cities, there are numerous active platforms on a global scale (EEA, 2020): ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives) and C40 cities; and at European scale: Climate Adapt, Eurocities, Climate Alliance or The Covenant of Mayors for Climate and Energy. Although they all encourage exchanges of knowledge between their members, they differ substantially in terms of access, financial contributions they provide or require and the types of services they offer. For example, the Covenant of Mayors is open free of charge, regardless of size, provided that cities subscribe to, implement and report on commitments in terms of reducing greenhouse gas emissions and climate adaptation. Networks such as Climate

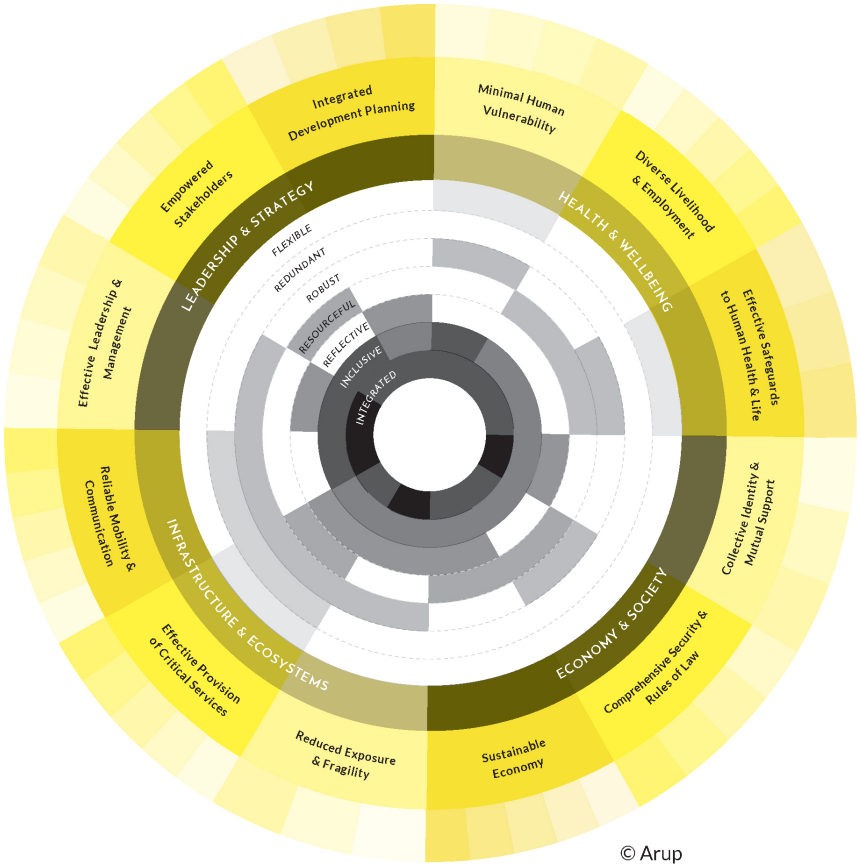


Fig. 1 - Schemi del CRI (City Resilience Index) di Arup / *Diagrams of the CRI (City Resilience Index) by Arup* (Source: https://www.cityresilienceindex.org/#/resources).

definito attraverso una *desk-based analysis* che identifica i fattori di resilienza urbana da più di 150 fonti (Fig. 1). La città viene riconosciuta come un macro-sistema da analizzare e gestire secondo un approccio *performance-based* capace di superare l'analisi dei singoli sub-sistemi. Secondo "100 Resilient cities" un sistema urbano resiliente deve dotarsi delle seguenti 7 funzioni trasversali: *reflective,* capacità di imparare dal passato per operare scelte responabili e durevoli per il futuro; *flexible,* capacità di adattarsi velocemente a diverse condizioni in risposta al mutare delle circostanze; *integrated,* multiscalarità e multidisciplinarità negli approcci decisionali; *robust,* capacità di durare nel tempo e resistere alle sollecitazioni esterne; *resourceful,* capacità di ottimizzare i modi di utilizzo delle risorse; *redundant,* capacità di raggiungere in diversi modi un determinato bisogno o di diversficare le proprie funzioni interne; *inclusive,* capacità di rendere partecipe l'intera collettività nei processi decisionali. Vengono inoltre individuate 4 dimensioni della resilienza: *health and wellbeing,* azioni di adempimento dei bisogni primari e sanitari del cittadino e di quelli psicologici in termini di opportunità di istruirsi e



Fig. 2 - Mappa delle città appartenenti al network C40 / *Map of cities belonging to the C40 network* (Source: https://www.c40.org/cities).

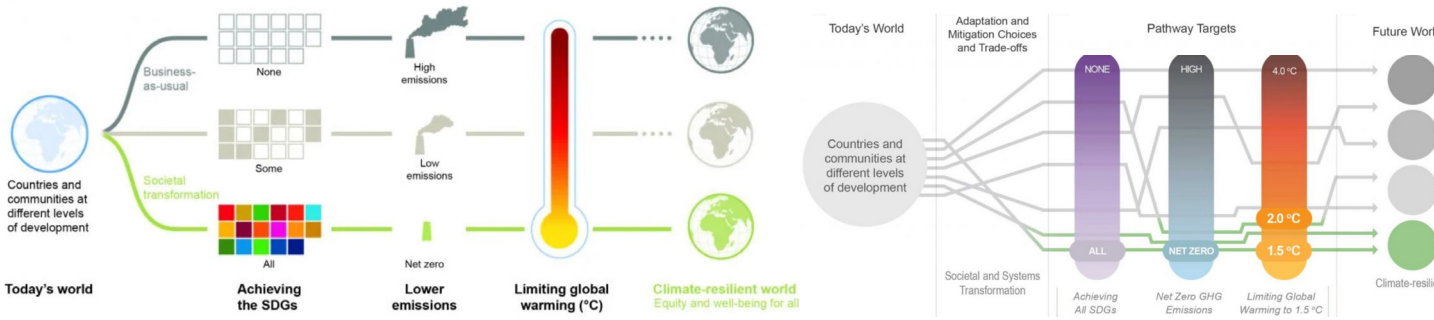


Fig. 3 - Relazione tra il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità (SDGs), il contenimento delle emissioni di gas serra e la resilienza climatica / *Relationship between achieving sustainability objectives (SDGs), reducing greenhouse gas emissions and climate resilience* (Source: IPCC, 2018).

sostentarsi; *economy and society,* oculata gestione delle risorse economiche locali, un apparato legislativo volto all'incentivazione del capitale sociale; *infrastructures and environment,* attività normativa e di pianificazione territoriale e urbana nel gestire assetti artificiali, naturali e servizi ecosistemici; *leadership and strategy,* individuare e coordinare un'ampia gamma di stakeholder e forme di partenariato tra pubblico e privato, per rafforzare il ruolo della singola città in una rete globale.

Oltre al *network* già citato delle *100 Resilient cities* esistono numerose piattaforme attive sia su scala globale (EEA, 2020): ICLEI (*International Council for Local Environmental Initiatives*) e *C40 cities*; che europea: *Climate Adapt, Eurocities, Climate Alliance* o Il Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia. Sebbene tutte favoriscono scambi di conoscenze tra i loro membri, differiscono sostanzialmente in termini di accesso, contributi finanziari che forniscono o richiedono e tipi di servizi che offrono. Ad esempio, il Patto dei Sindaci è aperto a titolo gratuito, indipendentemente dalle dimensioni, a condizione che le città sottoscrivano, attuino e riferiscano sugli impegni in termini di riduzione delle emissioni di gas a effetto

Alliance, Eurocities or ICLEI are established in the form of associations and require payment of a membership fee and the achievement of the objectives agreed by the Statute, such as the reduction of greenhouse gas emissions). Finally, there are often thresholds on the size of the city, Eurocities addresses cities with at least 250,000 inhabitants, while the cities of the network C40 (Fig. 2) must be megacities in terms of population size (at least 3 million) or gross domestic product. Finally, networks created within European projects have a selective entry process through calls, while cities provide technical and financial support.

Membership of one or more of these networks or initiatives also depends on the technical and financial resources of the cities and their expectations of the networks, but sometimes also on general trends in their country or region.

The diffusion of the application of actions and strategies of

urban resilience in the anthropic systems to total level turns out moreover closely interrelated to the attainment of the SDGs (Sustainable Development Goals) (Fig. 3).

Given the pervasiveness and complexity of these problems, resilience management is a field that is becoming increasingly professionalised.

It makes use of foresight tools (UK Government, 2012), scenarios, algorithms and research on strategies for community development. It involves a mixture of physical construction (for example, resilient regeneration of open public spaces to develop adaptation of urban settlements to the impacts of climatic-hazards) and social measures to improve awareness and preparedness among the population. Particular emphasis needs to be given to increasing the resilience of critical infrastructure, the life-support networks upon which normal activities depend (Curt & Tacnet, 2018).

The challenges are formidable, but the rewards take the form of safer, more stable and productive human communities.

serra e adattamento climatico. Le reti come Climate Alliance, Eurocities o ICLEI, sono costituite sotto forma di associazioni e richiedono il pagamento di una quota di adesione e il raggiungimento degli obiettivi pattuiti dallo statuto, ad esempio la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra). Infine sussistono spesso soglie sulle dimensioni della città, Eurocities si rivolge a città con almeno 250.000 abitanti, mentre le città del *network* C40 (Fig. 2) devono essere megacittà in termini di dimensione della popolazione (almeno 3 milioni) o di prodotto interno lordo. Infine, le reti create nell'ambito di progetti europei hanno un processo di ingresso selettivo attraverso inviti, al contempo alle città forniscono sostegno tecnico e finanziario.

L'adesione a una o più di queste reti o iniziative dipende anche dalle risorse tecniche e finanziarie delle città e dalle loro aspettative nei confronti delle reti, ma talvolta anche dalle tendenze generali nel loro paese o regione.

La diffusione dell'applicazione di azioni e strategie di resilienza urbana nei sistemi antropici a livello globale risulta inoltre strettamente interrelata al raggiungimento degli SDGs (*Sustainable Development Goals*) (Fig. 3).

Data la pervasività e la complessità di questi problemi, la gestione della resilienza si sta delineando come un settore sempre più professionalizzato. Si avvale di strumenti di previsione (UK Government, 2012), scenari, algoritmi e ricerche sulle strategie per lo sviluppo della comunità. Coinvolge ambiti diversi quali le costruzioni e le misure sociali per migliorare la consapevolezza e la preparazione tra la popolazione. Occorre prestare particolare attenzione all'incremento della resilienza delle infrastrutture critiche, le reti di supporto vitale dalle quali dipendono le attività quotidiane (Curt & Tacnet, 2018). Le sfide sono straordinarie, ma il raggiungimento degli obiettivi permetterebbe di diffondere e rafforzare la costruzione di comunità umane più sicure, stabili e sostenibili.

References

Adger, W.N. (2000), "Social and ecological resilience: are they related?", *Urban Geography*, vol. 24, n. 3, pp. 347-364.

Alexander, D.E. (2013), "Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey.", *Natural Hazards and Earth System Sciences,* n. 13(11), pp. 2707-2716.

ARUP & Partners (2014), *City Resilience Index*, for "100 Resilient cities" project of Rockfeller Foundation, available at: https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/city-resilience-index (accessed 5 December 2019).

Curt, C. & Tacnet, J-M. (2018), "Resilience of critical infrastructures: review and analysis of current approaches.", *Risk Analysis,* n. 38(11), pp. 2441-2458.

EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, Report No 15/2020.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, in press.

Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S. (2018), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press.

Timmerman, P. (1981), *Vulnerability, resilience and the collapse of society: A review of models and possible climatic applications*. *Environmental Monograph,* n. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Toronto.

UK Government (2012), *Reducing Risks of Future Disasters: Priorities for Decision Makers*, UK Government Office for Science, London.

Websites

https://climate-adapt.eea.europa.eu/

https://www.climatealliance.org

https://www.covenantofmayors.eu

https://www.c40.org/

http://www.eurocities. eu

https://www.iclei.org

Rigenerazione urbana
Urban Regeneration

Alessandra Battisti, *Sapienza Università di Roma*
Gaia Turchetti, *Sapienza Università di Roma*

Il concetto di rigenerazione urbana nei paesi con economie più sviluppati rappresenta il processo che promuove la valorizzazione delle città, rivitalizzandole attraverso la progettazione e il ripristino di attività in un contesto di internazionalizzazione fortemente competitivo che permette di implementare iniziative in grado di migliorare la qualità della vita operando in senso lato verso una crescita ambientalmente sostenibile.
Approfondire il lemma "rigenerazione urbana", all'interno della produzione urbanistico-architettonica contemporanea, come strumento di trasformazione della città, significa immergersi nel suo significato, a partire dalla radice etimologica strettamente connessa al concetto di genesi o meglio ri-genesi, inteso quale ricostituzione o rinascita dell'organismo, che risale alle radici greche e romane, per dare risposta non solo agli aspetti fisiologici, connaturati al normale ciclo vitale, ma anche a quelli patologici (Garsia, 2015) segnatamente connessi alle idee azioni di trasformazione, riconfigurazione e valorizzazione che sottendono il miglioramento della situazione iniziale, modificandone anche in parte i connotati .

Il significato plurisenso e pluridisciplinare dell'espressione rigenerazione urbana (Bellicini, 2015) trova la sua genesi in problematiche complesse, schematizzabili in coppie dicotomiche o dialogiche come: costruito-spazio aperto, densità-qualità, progresso-sviluppo, progettazione- abusivismo, espressioni della polisemia di molti temi urbani. Dalla letteratura di settore si evince un quadro sintetico-descrittivo del concetto e delle politiche di rigenerazione urbana (Roberts & Sykes, 2000; Beswick & Tsenkova, 2002) che permettono di ricostruirne la curva evolutiva nell'arco di settant'anni. Da un'iniziale enfasi vissuta negli anni '40 e '50 sull'onda della ricostruzione, ai termini *revitalization* e *rehabilitation* tipici degli anni '60, strettamente collegati alle pressioni abitative interne alle grandi città, fino ad arrivare a *renewal* negli anni '70, inteso come il rinnovamento legato a quelle prime politiche urbane in grado di coordinare gli aspetti edilizi a quelli economici e sociali, in tempi di crescita del settore privato, caratterizzati da una forte spinta verso la decentralizzazione del potere a favore delle amministrazioni locali. Come si evince dal *White Paper "Policy for the Inner Cities"* (Great Britain, 1977) in quegli anni le politiche urbane venivano adottate come strumento per risolvere problematiche economiche e di disoccupazione. Nel documento si evidenzia lo stringente collegamento tra i cambiamenti economici e di mercato di quei tempi con il declino delle aree interne delle città e la incombente necessità di determinare politiche nazionali innovative (Harding & Nevin, 2015). Durante

The concept of urban regeneration, in countries with more developed economies, is a process that promotes the upgrading of cities, reviving them through the planning and restoration of activities within a highly competitive context of internationalisation that makes it possible to enact initiatives capable of improving the quality of life. Examining in depth the catchphrase "urban regeneration", as a tool for transforming cities within urban-planning/architectonic production as a whole, means delving into its meaning the Greek antecedent for any organism's reconstitution or rebirth, addressing not only the physiological aspects inherent in the normal life cycle, but also pathological factors (Garsia, 2015), with a focus on the ideas of transformation, reconfiguration and upgrading that underlie improvements in an initial situation whose distinctive characteristics are modified in part as well. The multifaceted, multidisciplinary meaning of 'urban regeneration' (Bellicini, 2015) originates in complex issues identifiable in dichotomy pairings: constructed-open space, density-quality, progress-development, planning-unauthorised development, all expressions of the polysemy of so many urban topics. Literature in the field provides an overview of the concept, and of policies of urban regeneration (Roberts & Sykes, 2000; Beswick & Tsenkova, 2002), making it possible to trace their ongoing development over a seventy-year period. From the initial emphasis of the 40's and the 50's, in the wake of the post-war reconstruction, to the terms 'revitalization' and 'rehabilitation' typical of the 60's and closely tied to residential pressures within large cities, up to the 'renewal' of the 70's, considered in the light of early urban policies capable of coordinating construction factors with economic and social concerns, at a time of private-sector growth and a marked trend towards decentralising power in favour of local governments. The White Paper "Policy for the Inner Cities" (Great Britain, 1977) shows that urban policy, in those years, was used as a tool to resolve problems of economics and unemployment. The document highlights the close connection betwe-

en changes in the economy and the marketplace, then characterised by declining inner-city areas and a pressing need for innovative national policies (Harding & Nevin, 2015). The initial idea of a partnership between the public sector and the community, without direct involvement of the private sector, arises in this decade (Parkinson, 2001), with a number of scholars identifying this lack of involvement as a key factor in the shift from the term 'renewal' to that of 'regeneration', at which point the concept of sustainable development begins to take on an increasingly broad meaning able to generate innovative design and planning solutions touching on: physical conditions and social response, economic success and quality of life, zero land consumption and social conscience, a full-fledged holistic vision that, deeply rooted in the spaces of the city, manages to grasp the potential of infinity (Roberts & Sykes, 2000), seeing that the process of urban regeneration extends beyond mere physical change (Couch, 1990), aiming for an integrated, harmonised, global improvement of various aspects of cities: from the physical conditions to the social, economic and cultural aspects of the constantly changing organism that is a city. Today the term has been further enriched by the scope of communications and by practices of participation in the various phases of the process. At present, partnerships are seen as a vehicle for achieving excellence in urban regeneration, primarily through public participation, producing numerous advantages tied to a more efficient use of resources and synergistic interactions between various professional skills, but also engendering potential problems in choosing the best possible forms of participation for a given situation, and in ensuring adequate representation of the different community groups that determine the nature of issues of management and coordination (Tsenkova, 2002). Examples of partnerships undertaken through a multi-sector approach, on a local basis, in vast urban areas, such as the special plans of implementation in England or the French initiatives involving eco-neighbourhoods, are of interest (Roberts & Sykes, 2000). EU policies developed over decades have shown the way to theoretical and methodological approaches, generating currents of thought that have been further refined, at while the institutional underpinnings for governing cities and the territory have been revamped, leading to changes in the underlying paradigm of transformation. This is why it best to analyse the evolution of the term by examining a number of the principal policies over time, starting from Agenda 21 of 1992, at which point a clearer picture emerges of integration among the different strategies of action that, as early as the 70's, were already taking shape for the integrated preservation of architectural resources, under the Declaration of Amsterdam (1975), which stresses the need to promote consultation and dialogue between the various au-

questo decennio nasce una prima idea di partenariato tra settore pubblico e comunità, senza che ci sia un diretto coinvolgimento del settore privato (Parkinson, 2001). In questa mancanza alcuni studiosi identificano una delle dicriminanti che segnano il passaggio dal termine *renewal* al termine *regeneration*, dove lo stesso concetto di sviluppo sostenibile si è dilatato in un'accezione sempre più ampia in grado di generare soluzioni e progettualità innovative tra: condizioni fisiche e risposta sociale, successo economico e qualità della vita, consumo di suolo zero e coscienza sociale, vere e proprie espressioni di quella visione olistica che, in virtù di un legame radicato e profondo con gli spazi della città riesce a coglierne l'infinito potenziale (Roberts & Sykes, 2000). Il processo di rigenerazione urbana, infatti, va oltre il solo cambiamento fisico della città (Couch, 1990), cercando di portare un miglioramento integrato, armonizzato e globale tra vari aspetti: dalle condizioni fisiche a quelle sociali, economiche e culturali di un organismo, la città, in continuo cambiamento. Oggi il termine si è arricchito anche attraverso il portato del sistema comunicazione e delle pratiche di partecipazione alle varie fasi del processo. I partenariati sono attualmente riconosciuti come il veicolo per eccellenza per attuare la rigenerazione urbana, a partecipazione prevalentemente pubblico-privato, che presenta diversi vantaggi legati all'uso più efficiente delle risorse e alla sinergica interazione tra professionalità varie, ma anche potenziali criticità legate alla scelta delle migliori forme di partecipazione possibile caso per caso o alla difficoltà a volte di un'adeguata rappresentanza dei diversi gruppi comunitari che ne determinano problematiche di gestione e coordinamento (Tsenkova, 2002).

Interessanti sono gli esempi di partenariato operato con approccio multisettoriale, su base locale in aree urbane vaste come quelle dei piani speciali di attuazione inglesi o le esperienze francesi degli ecoquartieri (Roberts & Sykes, 2000).

Le *policy* europee, sviluppate nel corso dei decenni, hanno guidato approcci teorici e metodologici generando correnti di pensiero che sono state affinate insieme al riassetto istituzionale per il governo delle città e del territorio, provocando cambi di paradigma alla base delle trasformazioni. Per questo è opportuna una disamina sull'evoluzione del termine attraverso la lettura temporale di alcune principali *policy* europee, partendo dall'Agenda 21 del 1992, in cui si iniziano a prospettare più chiaramente i temi dell'integrazione tra diverse strategie d'azione, che già negli anni '70 si delineavano nell'ambito della conservazione integrata del patrimonio architettonico con la Dichiarazione di Amsterdam (1975). Un documento che sottolinea la necessità di promovere la consultazione ed il dialogo tra le autorità e costruire in parallelo un consenso diffuso, in particolar modo includendo i locali, le comunità e i soggetti operanti nel territorio a vario titolo con i quali si precisano le migliori strategie in risposta alle reali necessità del luogo. Processo reso possibile grazie a un aricchimento di competenze e responsabilità condivise, tese ad uno sviluppo sostenibile, dove la sostenibilità «non rappresenta uno stato né una visione immutabili, ma piuttosto un processo locale, creativo e volto a raggiungere l'equilibrio che abbraccia tutti i campi del processo decisionale locale» (Carta di Aalborg, 1994). Con tali premesse si giunge alle strategie integrate di sviluppo urbano proposte nella Carta di Lipsia del 2007, strategie che, a livello nazionale, regionale e locale, puntano sulle qualità culturali e architettoniche delle città, quali forti strumenti di inclusione sociale e sviluppo economico utili per incidere positivamente sulla prosperità economica, l'equilibrio sociale e l'ambiente, in un processo coordinato tra aspetti spaziali, settoriali e temporali delle aree urba-

ne. Un coordinamento questo a scala europea che tiene in forte considerazione le condizioni e le esigenze locali insieme al coinvolgimento delle categorie interessate, del pubblico e degli attori economici, puntando sull'imprenditorialità quale stimolo della rigenerazione (OECD, 2004), per affrontare le sfide della coesione sociale, quella ambientale e in particolare l'impatto dei cambiamenti climatici e la sfida della competitività nel contesto della globalizzazione; la nuova situazione energetica globale; le crisi finanziarie ed economiche; le tensioni e i rischi di frammentazione dei loro territori e la vulnerabilità (UE, 2008).

Sulla spinta data da queste *policy*, nel panorama europeo, si assiste alla nascita e sviluppo di grandi progetti di rigenerazione urbana che interessano importanti metropoli, come Marsiglia, Barcellona o Amburgo, solo per citarne alcune. Processi che hanno avuto inizio negli anni '80 -'90 ma che nei primi anni del XXI secolo acquistano una valenza più ampia, di rigenerazione, confrontandosi ognuno con il territorio, la storia, l'identità sociale e culturale specifici e che si alimentano anche grazie a particolari occasioni di rilancio (quali le Olimpiadi o la candidatura a Capitale Europea della Cultura) e grazie a istituzioni solide, socialmente legittimate e dotate di piani a medio e lungo termine necessari per controllare e monitorare il processo in tutte le sue fasi (Mazzoleni, 2017). Alla base di molti di questi processi troviamo il supporto di programmi di iniziativa comunitaria come URBAN (*Urban Community Initiative programme*) o URBACT, su cui l'Unione europea sta spingendo fortemente in chiave globale, promuovendoli assieme ad altre misure (ad esempio il Patto dei sindaci) come originale contributo dei 28 paesi membri al dibattito globale sull'implementazione della Nuova Agenda urbana, o il programma UIA (*Urban Innovative Actions*) che offre alle autorità urbane europee spazi e risorse per testare idee nuove e audaci, per affrontare sfide interconnesse e verificare come tali idee rispandono alla complessità delle realtà sociali.

Tutti i progetti proposti all'interno di questi programmi presentano, come dato in comune, un approccio progettuale integrato di tipo olistico, trasversale e multidimensionale che permette di raggiungere anche effetti moltiplicatori, complementari e sinergici, risolvendo i conflitti e trovando il giusto coordinamento tra esigenze temporali (breve, medio, lungo termine) e spaziali (regione, area metropolitana, città, quartiere) (Dichiarazione di Toledo, 2010).

Le proposte intrise di trasversalità e multidimensionalità richiedono però oltre ad un importante lavoro di coordinamento verticale e orizzontale tra politiche ed azioni, anche un attento ascolto delle necessità e dei bisogni dei vari soggetti coinvolti alle differenti scale di intervento. Nel *Noveau programme de renovellement urbain 2014-2024* (Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports, 2014) la Francia, ad esempio, sottolinea che, nel rinnovato quadro degli obiettivi, il coinvolgimento degli abitanti sin dalle prime fasi di elaborazione dei progetti fino al controllo in fase di realizzazione e utilizzo sia uno degli aspetti principali su cui lavorare e che ha determinato, se assente, il fallimento di molte delle precedenti politiche di rigenerazione. Questi indirizzi seguono appieno ciò che la Commissione Europea nelle *Cohesion Policy 2014-2020* individua come *Community-led Local Development* (CLLD): uno sviluppo locale di tipo partecipativo volto a sostenere le comunità locali nell'elaborazione di approcci *bottom-up*, azioni innovative, pratiche imprenditoriali e comportamenti resilienti «incoraggiando la valorizzazione e l'individuazione di potenzialità non sfruttate nelle comunità e nei territori [...] sviluppando il senso di coinvolgimento che può aumentare l'efficacia delle poli-

thorities while, at the same time, establishing widespread consensus, in particular among local residents, communities and subjects that operate in various roles within the territory, as the most effective strategies can be drawn up for addressing a given location's real needs with their participation. Such a process is made possible by cultivating shared skills and responsibilities, but where sustainability, «rather than representing an unchanging state or vision, is a local, creative process designed to arrive at a balance encompassing all sectors of the local decision-making process» (Aalborg Charter, 1994). Under these premises, the integrated urban development strategies proposed in the Leipzig Charter of 2007 were drawn up to utilise, on the national, regional and local levels, the cultural strengths, economic prosperity, social equality and the environment under a process coordinating all aspects of urban areas involving space, sectors and time. The European-scale effort would focus significant attention on local conditions and needs, also engaging the various categories of operators involved, plus the public sector and economic interests, focussing on entrepreneurship as the driving force of regeneration (OECD, 2004), so as to address the challenges of social cohesion and the environment, and especially those of climate change, plus the challengeg of: competing in a globalised world; the economic crises; the tensions and risks posed by fragmented, vulnerable territories (EU, 2008). Driven by the impetus of these policies, large-scale urban regeneration projects were developed on the European panorama, in major metropolises like Marseilles, Barcelona and Hamburg, to mention only a few. Initiated in the 80's-90's, it was in the early years of the 21st century that they became more involved, taking the form of regeneration efforts, each designed in accordance with the specific history, and the social and cultural identity, of the territory in question, at times drawing on special occasions for revival, plus the support of solid institutions that enjoyed social legitimacy and possessed the kind of medium and long-term planning needed to oversee all phases of the process (Mazzoleni, 2017). Underlying many of these processes was support received from programs of the EU, such as URBAN and URBACT, efforts that the EU is very enthusiastic about on a global level, promoting them together with other measures as an original contribution by the 28 member states to the global discussion of enacting the New Urban Agenda, plus there is the UIA program, under which European urban authorities are provided with spaces and resources to test new, audacious ideas. All the projects proposed under these programs have in common an integrated, holistic approach encompassing every sector and all dimensions, multiplying the effects of complementary, synergistic efforts that resolve conflicts while ensuring proper coordination between considerations

of time (short, medium and long term) and space (regions, metropolitan areas, cities, neighbourhoods) (Toledo Declaration, 2010). Though inherently relevant to multiple sectors and dimensions, the proposals also call for noteworthy vertical and horizontal coordination of policies and actions, plus close attention to the needs and demands of the subjects involved at the different levels of intervention. The framework of objectives of France's Nouveau programme de renouvellement urbain 2014-2024 (Ministry of Urban Affairs, Youth and Sports, 2014) stresses, for example, involving residents right from the start of a project's formulation, up to and including oversight of its implementation and use, seeing that the lack of such an approach has led to the failure of many earlier regeneration policies. These guidelines comply with what the European Commission characterised, in its Cohesion Policy 2014-2020, as Community-led Local Development (CLLD): local development featuring the formulation of bottom-up approaches by the communities themselves, with innovative initiatives, business practices and resilient patterns of behaviour. We find the same recommendations in the New Urban Agenda (UN-Habitat 2017, point 97) and in the SDGs of Agenda 2030 for Sustainable Development, particularly in the Goal 11, Sustainable Cities and Communities. For each objective, one or more indicators was established to assess progress (UN, 2018).Within this highly developed framework, the ongoing transformation of the term can be seen, as today it encompasses multiple sectors: from the physical and environmental to the social, as well as economics and governance, plus far-ranging concepts of the quality of life and improved basic services (Tallon, 2013), all resulting in initiatives that address not just a single building, but entire portions of a city, from the micro-scale to the territorial dimension, through processes that also encompass social, cultural and economic relations, plus the features that give a place its identity. In Italy, the ongoing transformation of urban regeneration is illustrated by the related legislation, with the measures presented and approved between the 90's and the early 2000's marking a shift from the concept of restoration to that of renewal, as fully integrated programs of intervention gave way to urban-upgrading efforts (Law no. 179/1992), programs of urban restoration (Law no. 493/1993) were replaced by neighbourhood contracts (Decrees I and II, nos. 1071 and 1072 of 1994); programs of urban upgrading and sustainable development (Ministerial Decree 8 October 1998) led to urban-renewal projects (Law no. 166/2002). With the advent of the programs for upgrading constructions and urban renewal (Law no. 166/2002), the concept of transforming physical space was supplemented with considerations of performance, and especially efficiency, also taking into consideration economic and social issues, plus the que-

tiche dell'Unione Europea». Indicazioni che ritroviamo anche nella *New Urban Agenda* (UN-Habitat 2017, point 97) e nei *Sustainable Development Goals* inseriti nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. In particolare per il goal 11, *Sustainable Cities and Communities*, si specificano come obiettivi: garantire accesso ad alloggi e servizi di base di qualità; trasporti sicuri; migliorare l'urbanizzazione, partecipativa, integrata e sostenibile; salvaguardare il patrimonio culturale e naturale; ridurre i rischi di disastri; ridurre impatto ambientale pro-capite; garantire accesso universale a spazi pubblici sicuri, inclusivi, accessibili; supportare collegamenti economici, sociali e ambientali positivi tra aree urbane e periurbane e rurali; incentivare (entro il 2020) piani e politiche integrate di sviluppo in materia di inclusione, mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici, resilienza alle catastrofi; supportare paesi meno sviluppati. Definiendo per ogni obiettivo uno o più indicatori di valutazione d'impatto (UN, 2018). In questo quadro articolato si evince l'evoluzione del termine, che ad oggi, abbraccia molteplici ambiti: da quello fisico e ambientale a quello sociale, economico e di *governance*, a concetti ampi di qualità della vita e di miglioramento dei servizi di base (Tallon, 2013), e che si traduce in interventi che non interessano solo il singolo edificio, ma interi brani di città, dalla scala micro a quella territoriale, inglobando nei processi anche le relazioni sociali, culturali ed economiche e i caratteri identitari di un luogo.

In Italia l'evoluzione del concetto di rigenerazione urbana si può rileggere nella legislazione in materia, che, nella normativa presentata e approvata nell'arco di tempo tra gli anni '90 ai primi anni del 2000, segna il passaggio dal concetto di recupero al concetto di riabilitazione. Si passa infatti dai programmi integrati di intervento ai programmi di riqualificazione urbana (l. n. 179/1992); dai programmi di recupero urbano (l. n. 493/1993) ai contratti di quartiere (I e II decreto 1071 e 1072 del 1994); dai programmi di riqualificazione urbana e sviluppo sostenibile (d.m. dell'8 ottobre 1998) ai programmi di riabilitazione urbana (l. n. 166/2002).

Sono proprio i programmi di riabilitazione edilizia e urbana (l. n. 166/2002) che introducono accanto al concetto di trasformazione dello spazio fisico quello di prestazione, soprattutto legato al concetto di efficienza, prendendo in considerazione anche i problemi economici e sociali, oltre a quelli di degrado fisico. Tutte queste esperienze approdano al "Piano Nazionale per la riqualificazione sociale e culturale delle aree urbane degradate" del 2015, dove il concetto di riabilitazione assume in quello di riqualificazione il valore di qualità non solo del patrimonio fisico, ma anche di quello immateriale. Ma è negli ultimi decenni che in Italia, si inizia ad introdurre il concetto di rigenerazione urbana, oggetto di politiche di tipo nazionale e locale (legislazione regionale) in quanto materia del "governo del territorio" attribuita alla competenza concorrente di Stato e regioni, politiche dove ad una visione strategica dall'alto basata sulla pianificazione e programmazione urbanistica si affianca una visione della rigenerazione dei beni comuni che parte dal basso ad opera della cittadinanza. Nella programmazione dei fondi strutturali 2007-2013, che vedeva l'intervento sulle città tra le azioni prioritarie, si rilegge il termine rigenerazione urbana come approccio integrato allo sviluppo urbano, in grado di superare la frammentazione e la settorialità degli interventi in tale ambito, concetto che troviamo ulteriormente ribadito nella programmazione 2014-2020.

Il tema della rigenerazione urbana è inoltre rinvenibile ampiamente nei provvedimenti sul consumo del suolo e sul riuso del suolo edificato, dove il termine viene inteso soprattutto come recupero del patrimonio edilizio esistente (disegno

di legge del Governo "Contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato" approvato dalla Camera il 12 maggio 2016). Mentre è nel Codice dei contratti pubblici (D. Lgs 50 del 2016) che troviamo il concetto di rigenerazione urbana abbinato a interventi di sussidiarietà orizzontale (art. 189) e al baratto amministrativo (art. 190), dove si introducono i contratti di partenariato sociale, sulla base di progetti presentati da cittadini singoli o associati. Sono oramai numerose in questi ultimi anni le norme regionali che disciplinano interventi nel campo dell'urbanistica e dell'edilizia nel quadro di riferimento della rigenerazione urbana con una visione strategica di pianificazione del territorio attuata attraverso piani e programmi complessi, e in molte normative regionali (ad es. la legge regionale della Emilia-Romagna 21 dicembre 2017, n. 24, legge organica sulla tutela e sull'uso del territorio, la legge regionale Toscana 10 novembre 2014, n. 65, recante norme per il governo del territorio, la legge regionale del Lazio, 18 luglio 2017, n. 7, recante «Disposizioni per la rigenerazione urbana e il recupero edilizio», solo per citarne alcune) si evince come il concetto normativo di rigenerazione urbana si differenzia sempre più da quello di recupero edilizio e urbanistico per comprendere azioni complesse per il risanamento urbanistico, ambientale e sociale di zone urbane degradate. Nell'ottica della rigenerazione, secondo gli obiettivi sopra menzionati si pone anche la legge 8 ottobre 2017, n. 158 che reca «Misure per il sostegno e la valorizzazione dei piccoli Comuni, nonché disposizioni per la riqualificazione e il recupero dei centri storici dei medesimi Comuni» dove il concetto di rigenerazione assume una dimensione di tutela territoriale e ambientale e si riconosce ai piccoli comuni il valore di risorsa quale presidio del territorio, soprattutto per le attività di contrasto del dissesto idrogeologico e per le attività di piccola e diffusa manutenzione e tutela dei beni comuni .

stion of physical deterioration. All these experiences gave rise to the "National Plan for the Social and Cultural Upgrading of Rundown Urban Areas" of 2015, under which the concept of renewal addressed, through measures of upgrading, not only physical resources but intangible assets as well, though it is only in recent decades that the concept of urban regeneration has been introduced in Italy, in both national and local policies (regional legislation), inasmuch as it constitutes a question of "territorial governance" simultaneously under central-government and regional purview and entailing both a strategic vision formulated 'from above', based on urban design and planning, and a vision fot the regeneration of collective assets, a perspective established by citizens "from below".In planning the structural funds for 2007-2013, under which initiatives in cities were considered priority activities, the term "urban regeneration" was reformulated as a fully integrated approach to urban development capable of moving beyond the formerly fragmented, sector-specific initiatives of the past, a concept that was reiterated in the subsequent planning for 2014-2020. The topic of urban regeneration is also readily observable in the measures on land consumption and the recycling of constructed land, under which the term refers primarily to restoring existing construction stock (the legislative proposal "Limiting the Consumption of Land and Reusing already Constructed Land", approved by the Chamber of Deputies on 12 May 2016), whereas it is the Code of Public Contracts (Legislative Decree 50 of 2016) that combines the concept of urban regeneration with initiatives of horizontal subsidiarity (art. 189) and administrative barter (art. 190), basing contracts of social partnership on projects presented by individual citizens or associated groups. In recent years, numerous regional measures have been promulgated governing initiatives in the field of urban planning and construction, within a reference framework of urban regeneration accomplished through a strategic vision of territorial planning carried out through complex plans and programs, while in many regional measures (such as: the Emilia-Romagna Regional Law no. 24 of 21 December 2017, an all-encompassing measure on the defence and use of the territory; the Tuscan Regional Law no. 65 of 10 November 2014, containing provisions on the governance of the territory, and the Lazio Regional Law no. 7 of 18 July 2017, which includes «Measures on Urban Regeneration and the Restoration of Constructions», to cite only a few) there is no mistaking the extent to which the statutory concept of urban regeneration is increasingly setting itself apart from that of the restoration of buildings and urban planning, so as to be able to better understand complex projects involving the urban, environmental and social renewal of rundown urban zones.

References

Bellicini, L. (2015), "Rigenerazione urbana sostenibile" in *Enciclopedia Italiana - IX Appendice*, available on: http://www.treccani.it/enciclopedia/rigenerazione-urbana-sostenibile_(Enciclopedia-Italiana).

Beswick, C. & Tsenkova S. (2002), "Overview of Urban Regeneration Policies", in Tsenkova, S. (ed) *Urban Regeneration. Learning from the British Experience*, University of Calgary, Calgary, pp. 9-16.

Couch, C. (1990), *Urban Renewal: Theory and Practice,* Macmillan International Higher Education, London.

Harding, A. & Nevin, B. (2015), *Cities and Public Policy: a review paper*, Foresight, Government Office for Science, available at https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/455888/gs-15-29-future-cities-public-policy-review.pdf

Garsia, L. (2015), *Abitare la rigenerazione urbana: La misura della città e della casa nel XXI secolo*, Gangemi Editore, Rome

Mazzoleni C. (2017), "Rigenerazione urbana e qualità insediativa: l'insegnamento di Amburgo", in Furlan,G. , Botti, M. & Cappochin, G. (eds), *European Green Capitals. Esperienze di rigenerazione urbana sostenibile*, LetteraVentidue, Siracusa.

Parkinson, M. (2001), "The Urban White Paper. Halfway to Paradise?", *New Economy,* vol. 8, n. 1, pp. 47-51.

Roberts, P. & Sykes, H. (2000), *Urban Regeneration, A Handbook,* SAGE Publications, London.

Tallon, A. (2013), *Urban Regeneration in the United Kingdom,* Routledge, Londra.

Tsenkova, S. (2002), "Partnerships in Urban Regeneration: from 'top down' to 'bottom up' approach", in Tsenkova (ed), *Urban Regeneration. Learning from the British experience,* University of Calgary, Calgary, pp. 73-84.

EU Charters, Declarations and Documents

Agenda 21, 1992

Aalborg Charter, 1994

Leipzig Charter, 2007

Declaration of Amsterdam, 1975

Declaration of Toledo, 2010

Great Britain, Department of the Environment (1977), Policy for the Inner Cities: [White Paper]. H.M.S.O, London

OECD (2004), "Entrepreneurship: A Catalyst for Urban Regeneration, Local Economic and Employment Development (LEED)", OECD Publishing, Paris, available on: https://doi.org/10.1787/9789264017320-en

EC (2019) *Urban Agenda for the EU: multi-level governance in action.* available on: https://www.eukn.eu/fileadmin/Files/Publications/2019_UAEU_multi-level_governance_in_action/Brochure_Urban_Agenda_for_the_EU_-_Multi-level_governance_in_action.pdf

EU (2008), "Final Statement by the Ministers in Charge of Urban Development",https://www.eib.org/attachments/jessica_marseille_statement_en.pdf

UN (2018), Global Indicator Framework for the Sustainable Development Goals and Targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development, available on: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202019%20refinement_Eng.pdf

UN-Habitat (2017), "New Urban Agenda. United Nations". Available on: http://habitat3.org/documents-and-archive/new-urban-agenda/

Italian Legislative Sources

Act no. 2039 of the Chamber of Deputies

Decree 1071/1994

Decree 1072/1994

Legislative Decree 50/2016, Code of Public Contracts

Decree of the Minister of Public Works, 8 October 1998, Promotion of Innovative Programs in Urban Areas Entitled «Programs of Urban Upgrading and for the Sustainable Development of the Territory»

Law no. 179/1992, Measures on public residential construction

Law no. 493/1993, Conversion into law, with modifications, of Legislative Decree no. 398 of 5 October 1993, containing measures governing the acceleration of investments in support of employment and favouring the simplification of procedures for construction.

Law no. 166/2002, Provisions on infrastructures and transportation.

Law no. 158/2017, Measures for the support and optimisation of small municipalities, as well as measures for the restoration and upgrading of the historic cores of these same municipalities.

Emilia Romagna Regional Law no. 24 of 21 December 2017, Regional measure on the safeguarding and use of the territory.

Tuscan Regional Law no. 65 of 10 November 2014, Measures on the governance of the territory.

Lazio Regional Law no. 7 of 18 July 2017, Measures on urban regeneration and the restoration of constructions.

Eco-Distretto
Eco-District

Fabrizio Tucci, *Sapienza Università di Roma*
Serena Baiani, *Sapienza Università di Roma*

Il termine Eco-Distretto, Ecodistretto, Eco-District, Ecodistrict, è di derivazione anglosassone, neologismo derivato dall'associazione dei termini "district" ed "eco", che identifica un processo di trasformazione che mira a integrare obiettivi di sviluppo sostenibile ed equità sociale e a ridurre l'impronta ecologica di un quartiere, un'area o una regione: «areas in cities that significantly reduce anthropogenic impacts while increasing quality of life […], the missing link between building scale and city or regional scale planning and implementation [playing an important role] in advancing more aggressive climate planning throughout a particular city or their ability to influence other cities» (Fitzgerald & Lenhart, 2016). Il termine ha un significato plurisenso e pluridisciplinare e la nozione insiste sulla considerazione di tutte le questioni ambientali attraverso un processo collaborativo. In Inglese, *EcoDistrict* identifica «an urban planning aiming to integrate objectives of sustainable development and social equity and reduce the ecological footprint of a neighborhood, urban area, or region. This notion insists on the consideration of the whole environmental issues by way of a collaborative process». Anche in francese il termine "écoquartier" designa "*Développement urbain visant à intégrer les objectifs du développement durable et centré sur l'énergie, l'environnement et la vie sociale*".

È necessario evidenziare che in inglese il temine *District* identifica un'area, con limiti riconoscibili, caratterizzata da una singolarità tale da renderla diversa dalle zone circostanti (può essere inteso anche come area specializzata), differenziandosi da *Neighborhood* inteso come quartiere (non solo come area urbana, ma anche come abitanti), più limitato dimensionalmente e più attinente al significato di vicinato. I termini distretto (*district*) e quartiere (*neighborhood*) sono stati spesso usati in modo intercambiabile: «Both refer to a particular scale that is the planning unit of modern cities with a spatially or community-defined geography. Boundaries may include neighborhood or business association boundaries, urban renewal areas, local and business improvement districts, major redevelopment sites, watersheds, or geographic demarcations, as appropriate» (Ecodistrict, 2017,), ma la recente letteratura scientifica riferisce il termine *Neighborhood* ad aree ben identificabili, della grandezza di qualche decina di ettari fino a dimensioni difficilmenti superiori ai 100 ettari, mentre il termine *District* è utilizzato per aree, identificabili secondo determinate caratteristiche, ma con dimensioni superiori, da qualche decina a qualche centinaio di ettari, fino a grandezze difficilmente superiori ai 500 ettari (a seconda delle densità costruita e abitata).

Tale concetto supera la definizione che individua il *District* dal punto di vista amministrativo come «one of the areas into which a country, state, city is divided,

The "Ecodistrict" – a coinage that spread from the English-speaking world – identifies a transformation process,«an urban planning aiming to integrate objectives of sustainable development and social justice and reduce the ecological footprint of a neighborhood, urban area, or region: areas in cities that significantly reduce anthropogenic impacts while increasing quality of life […], the missing link between building scale and city or regional scale planning and implementation [playing an important role] in advancing more aggressive climate planning throughout a particular city or their ability to influence other cities (Fitzgerald & Lenhart, 2016). The term has a meaning with multiple connotations in multiple disciplines and the notion insists on the consideration of the whole environmental issues by way of a collaborative process». In French "écoquartier" designates "développement urbain visant à intégrer les objectifs du développement durable et centré sur l'énergie, l'environnement et la vie sociale". It must be stressed that in English, the term "District" identifies an area with recognizable boundaries, marked by a singularity that is such as to make it different from surrounding areas (it may be understood as a specialized area), differentiated from the "neighbourhood" (not only as an urban area, but also as inhabitants), more limited in size and pertaining more to the meaning of the urban quarter. The terms "district" and "neighbourhood" have often been used interchangeably, «both refer to a particular scale that is the planning unit of modern cities with a spatially or community-defined geography. Boundaries may include neighborhood or business association boundaries, urban renewal areas, local and business improvement districts, major redevelopment sites, watersheds, or geographic demarcations, as appropriate» (Ecodistrict, 2017), but recent scientific literature relates the term "neighbourhood" to easily identifiable areas several hectares in size and rarely exceeding 100 ha, while the term "district" is used for areas identifiable according to given characteristics, but larger in size, from a few tens of hectares to a few hundred hectares, up to sizes rarely exceeding 500 ha (depending on the construction and population density). This concept overcomes the definition that identifies the district from the administrative standpoint as «one of the areas into which a country, state, city is divided, usually for government purposes» marked by a number of inhabitants that may vary based on the territorial area. The term eco-district, in fact, identifies "communities that are socially, economically and ecological whole" (Bennet, 2008) in a territorial setting in which the ecosystemic exchanges that allow the "sense

of community" to develop take place (Barthon, 2000). The urban project grappled with the Charters and Documents, Community-level papers for the definition of evolutionary tools that can be defined as five moments when the different dimensions of the concept of sustainability were integrated into the planning of "districts and neighborhoods in the fabric of the city" (Sharifi et al., 2016). From the experiments of the Garden City and the Neighborhood Unit, to the approaches of eco-urbanism, a common thread may be seen, running through the different approaches – from the neighborhood design to the definition of the ecodistrict – in continuity with the trends in urban planning that attempted to develop liveable and environment-friendly neighbourhoods starting from the early twentieth century, through Howard's City Movement. From the vision of the diffuse city, with a constellation of interconnected autonomous surrounded by a green belt and placed around a large, main city to create communities that responded to the needs of the various social groups; to the dense urban system, developed in parallel, in the Neighborhood Unit of Perry, Wright and Stein in 1928, marked by paths with differentiated and separate flows, distribution of residential blocks, and pedestrian networks upon which public and commercial structures are distributed, and in large green spaces.The ecourban initiatives developed from the theories of Richard Register, which draw upon the concepts of concepts of metabolism and urban sustainability, are far broader in scope than previous movements, because, in the challenges to be faced, they include the problems induced by climate change and by the limitation of resources (Register, 2000). It is possible, then, to analyze a broad literature on a growing number of initiatives like Ecocity, Eco-town, Eco-district, Eco-quartier, Eco-garden city, Ubiquitous city, Green city, and Resilient city (Suzuki et al., 2010; Joss & Molella, 2013; Caprotti, 2014; Holden & Li, 2014; de Jong et al., 2015), marked by consistent approaches. It emerges, then, that the Ecodistrict defines an "urban experiment, limited in terms of area and population density" (Flurin, 2017), in keeping with the Recommendations of the Brundtland Report (1987) as developed at the Rio Conference (1992) and affirmed in the objectives of Local Agenda 21 (Sustainable Cities Project). The Dialogue Document "Sostenibilità Città", drawn up by AUDIS, GBC Italia and Legambiente, underscores the need for an action of regeneration on "portions of city," establishing the neighbourhood as the "size of minimum area of intervention to be able to count upon the economies of scale and to support major investment" in which it is possible to «qualify or construct not only buildings, but also communities, local services, and good, sustainable living» (AUDIS, GBC Italia & Legambiente, 2011).

The first experiments in keeping with these definitions may be seen in the Eco-Villages of the 1980s, which aggregated communities with few residents, in rural or peripheral settings (Souami, 2009), Manifesto of a life choice oriented towards ecology, equilibrium and safeguarding the environment (Findhorn Bay Community, Scotland; Okosiedlungen Gartnerhof, Austria). In the 1990s, the first experimental neighbourhoods, applying principles of ecological, economic, and social sustainability, developed in the cities of northern Europe, involving communities of 3,000-5,000 inhabitants in peri-urban contexts (Ecolonia, Vauban). Many experiences are consequence of

usually for government purposes», caratterizzato da un numero di abitanti variabile in base all'estensione territoriale. Il termine *Eco-district*, infatti, individua «communities that are socially, economically, and ecological whole» (Bennet, 2008) in un ambito territoriale in cui avvengono gli scambi ecosistemici che permettono lo sviluppo del "senso di comunità" (Barthon, 2000).

Il progetto urbano si è misurato con le Carte e i Documenti, elaborati a livello comunitario, per la definizione di strumenti operativi evolutivi, identificabili in cinque momenti in cui le diverse dimensioni del concetto di sostenibilità sono state integrate nella progettazione di «districts and neighborhoods in the fabric of the city» (Sharifi, et al., 2016). Dalle sperimentazioni della *Garden City* e della *Neighborhood Unit*, fino agli approcci dell'*Eco-urbanism* si può riconoscere un filo rosso che percorre i diversi approcci - dal progetto del Quartiere fino alla definizione dell'Ecodistretto - in continuità con le tendenze del progetto urbano che hanno tentato di sviluppare quartieri *livable and environment-friendly* a partire dall'inizio del XX secolo, attraverso il Garden City Movement di Howard. Dalla visione della città diffusa, con una costellazione di nuclei autonomi interconnessi, circondati da una cintura verde e posti intorno a una grande città principale, per creare comunità che rispondessero ai bisogni di vari gruppi sociali; al sistema urbano denso, sviluppato parallelamente, nella *Neighborhood Unit* di Perry, Wright e Stein del 1928, caratterizzato da percorsi con flussi differenziati e separati, di distribuzione dei blocchi residenziali, e reti pedonali su cui sono distribuite strutture pubbliche e commerciali in ampi spazi verdi.

Le iniziative ecourbane, sviluppate dalle teorie di Richard Register, che attingono ai concetti di metabolismo e sostenibilità urbana, hanno una portata più ampia rispetto ai movimenti precedenti, poiché includono, nelle sfide da affrontare, le problematiche indotte dal cambiamento climatico e dalla limitazione delle risorse (Register, 2000). È possibile, pertanto, analizzare una ampia letteratura su un crescente numero di iniziative come *Ecocity, Eco-town, Eco-district, Eco-quartier, Eco-garden city, Ubiquitous city, Green city, Resilient city* (Suzuki et al., 2010; Joss & Molella, 2013; Caprotti, 2014; Holden & Li, 2014; de Jong et al., 2015), caratterizzate da approcci coerenti. Emerge, quindi, che *Eco-district* definisce un «esperimento urbano, limitato in termini di estensione e densità di popolazione» (Flurin, 2017), coerente con le Raccomandazioni del Brundtland Report (1987) come sviluppate nella Conferenza di Rio (1992) e affermate negli obiettivi delle Agenda 21 Locali (*Sustainable Cities Project*). Il Documento di Confronto "Sostenibilità Città" redatto da AUDIS, GBC Italia e Legambiente evidenzia la necessità di un'azione di rigenerazione su "porzioni di città", fissando nel quartiere la «dimensione dell'area minima di intervento per poter contare sulle economie di scala e per sostenere investimenti importanti», in cui è possibile «qualificare o costruire non solo edifici, ma anche comunità, servizi di prossimità e buon vivere sostenibile» (AUDIS, GBC Italia & Legambiente, 2011).

Le prime sperimentazioni, coerenti con tali definizioni, sono individuabili negli Eco-Villaggi degli anni Ottanta, che aggregavano comunità di pochi residenti, in ambiti rurali o periferici (Souami, 2009), manifesto di una scelta di vivere orientata all'ecologismo, all'equilibrio, alla salvaguardia dell'ambiente (Findhorn Bay Community, Scozia; Okosiedlungen Gartnerhof, Austria). Negli anni Novanta, i primi quartieri sperimentali, che applicano i principi della sostenibilità ecologi ca, economica e sociale, si sviluppano nelle città dell'Europa del Nord, coinvolgen-

do comunità di 3.000-5.000 abitanti, in contesti periurbani (Ecolonia, Vauban). Molte esperienze sono la conseguenza di processi innovativi innescati da eventi particolari che portano alla realizzare quartieri dimostrativi, come Kronsberg in occasione dell'Expo 2000 ad Hannover; Bo01 per l'esposizione europea dell'abitare a Malmö; parte di Hammarby Sjöstad come effetto della candidatura ai Giochi Olimpici 2008 di Stoccolma o quella del 2012 di Parigi che ha favorito l'esperienza di Clichy-Batignolles. Solo nei primi anni del Duemila, nell'ambito di programmi di ampliamento o rigenerazione urbana, si applicano nuove strategie a distretti o unità urbane di 20.000-25.000 abitanti, a loro volta suddivisi in sub unità di dimensioni minori (Losasso & D'Ambrosio, 2012). Si tratta di programmi che realizzano Ecoquartieri come Hammarby Sjöstad a Stoccolma, Ørestad a Copenhagen, Viikki ad Helsinki, Västra Hamnen a Malmö. Le esperienze, derivate da iniziative di amministrazioni o di privati, permettono di applicare in modo più ampio e articolato soluzioni tecniche e scelte progettuali derivate dalle sperimentazioni dei decenni precedenti, all'interno di un processo di pianificazione locale che tiene conto delle differenze e delle specificità (Souami, 2009), con una sempre più intensa sensibilità alle tematiche ambientali.

Alla fine degli Anni Novanta emergono chiaramente, nei documenti elaborati a livello comunitario, gli obiettivi politici che coinvolgono, tra gli altri, la rigenerazione delle aree urbane e la protezione / miglioramento dell'ambiente urbano attraverso azioni orientate alla sostenibilità locale e globale (*Sustainable urban development in the European Union: a framework for action*, 1998). La Carta di Lipsia sulle città europee sostenibili (2007) evidenzia la necessità di azioni coordinate per attuare la transizione dalle politiche alle specifiche azioni di intervento, integrate e condivise a livello europeo, in cui si evidenzia che la qualità urbana deriva da una rigorosa cultura progettuale orientata alla sostenibilità economica, sociale, ambientale della trasformazione. A tale approccio hanno fatto seguito la Dichiarazione di Marsiglia del 2008 e la Dichiarazione di Toledo del 2010, orientata alla riqualificazione delle aree urbane mediante la valorizzazione delle risorse storico-culturali e ambientali e il coinvolgimento dei cittadini nel realizzare un modello maggiormente sostenibile e socialmente inclusivo in tutto l'ambiente urbano e in tutte le strutture sociali della città esistente. La Dichiarazione evidenzia il tema degli Ecoquartieri come centrale nelle strategie di rigenerazione delle città - organismi unitari e funzionalmente complessi - in una equilibrata interazione di interventi di controllo ambientale, valorizzazione economica e integrazione sociale, che nel "distretto" trovino un elemento catalizzatore di più ampi processi integrati attuati a scala urbana. La Strategia Europea 2020, proposta nel 2010 dalla Commissione Europea, "per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva", pone cinque *target* che fissano obiettivi chiari rispetto ai quali misurare la crescita dei Paesi, in cui l'efficienza nell'uso delle risorse si pone come fattore orientativo delle scelte anche a livello locale. Significativo è l'approccio integrato della UE alla *Green City* con l'"E*uropean Green Capital Award*" (EGCA), riconoscimento assegnato alle città europee selezionate sulla base di indicatori che hanno contribuito a definire le policy e le misure per le *Green City* (2010).

Coerentemente con le azioni europee, la sperimentazione italiana porta, nel 2011, alla definizione del progetto congiunto AUDIS, GBC Italia e Legambiente per il rilancio economico, sociale, ambientale e culturale delle città e dei territori, attraverso azioni di rigenerazione urbana che trovano nell'Ecoquartiere «le con-

innovative processes triggered by particular events leading to the development of casestudies neighbourhoods, like Kronsberg on the occasion of Expo 2000 in Hannover; Bo01 for the European housing expo in Malmö; part of Hammarby Sjöstad as an effect of Stockholm's candidacy to host the 2008 Olympic Games; or Paris's candidacy for 2012, which favoured the experience of Clichy-Batignolles. Only in the early 2000s, as part of programmes of urban regeneration, new strategies were applied to districts or urban units of 20,000-25,000 inhabitants, subdivided in turn into smaller-sized sub-units (Losasso & D'Ambrosio, 2012). These are programmes that develop Eco-neighbourhoods like Hammarby Sjöstad in Stockholm, Ørestad in Copenhagen, Viikki in Helsinki and Västra Hamnen in Malmö. Derived from initiatives of administrations or private parties, these experiences make it possible to apply in a broader and more articulated way, technical solutions and design choices, derived from the experiments of earlier decades, within a local planning process that takes account of differences and specific features (Souami, 2009), with an increasingly intense sensitivity to environmental issues. In the late 1990s, political objectives clearly emerged in documents developed on the Community level, that involved the regeneration of urban areas and the protection/improvement of the urban environment through actions oriented towards local and global sustainability (Sustainable urban development in the European Union: a framework for action, 1998). The Leipzig Charter on Sustainable European Cities (2007) raised the need for coordinated actions to implement the transition from policies to specific actions for intervention, integrated and shared on a European level, in which it is stressed that urban quality derives from a rigorous planning culture oriented towards economic, social and environmental sustainability of transformation. This approach was followed by Marseille Statement of 2008 and Toledo Declaration of 2010, oriented towards requalification of urban areas through the valorization of historic/cultural and environmental resources and citizens' involvement in achieving a model that is more sustainable and socially inclusive in the entire urban environment and in all social structures of the existing city. The Declaration highlights the issue of eco-neighbourhoods as central to regeneration strategies of cities – unitary and functionally complex organisms – in a balanced interaction of interventions of environmental control, economic valorization and social integration, that, in the district, find a catalyzing element of broader, integrated processes implemented on an urban scale. Europe 2020 Strategy, proposed by European Commission in 2010, "for smart, sustainable and inclusive growth" has five targets that set clear objectives against which to measure growth of countries, in which the efficient use of resources is a factor guiding choices on a local level as well. Significant is EU's integrated approach to Green City, with the "European Green Capital Award" (EGCA)", an honour assigned to European cities selected on the basis of indicators that contributed towards defining policies and measures for the Green City (2010). In line with European actions, italian experimentation led, in 2011, to the definition of the joint AUDIS, GBC Italia and Legambiente project for the economic, social, environmental and cultural revitalization of city and territories, through urban regeneration actions that, in the Eco-neighbourhood find "the condi-

tions in which a plurality of parameters related to the social, environmental, cultural, and economic dimension are met at the same time" (AUDIS, GBC Italia & Legambiente, 2011). The Brussels Conference of 2013 defined the framework of references for sustainable cities, for local administrations support, in the awareness that cities, places in which most of the population is concentrated and where resource consumption and waste production are at their greatest, must take the lead in structural transformations and essential behaviour. The transition towards a sustainable Europe (by 2030), in line with Agenda 2030 of the United Nations (2015), has as objective «improving living standards for people, by giving them real possibilities for choice, creating a favourable context, spreading knowledge, and improving information. In this way, we should create the conditions for 'living well within our planet's limits' thanks to the smarter use of resources and a modern economy at the service of our health and well-being» (European Commission, 2019). The application of the 1997 Kyoto Protocol assigned the urban project a fundamental role in reducing energy consumption and associated greenhouse gas emissions (Joss et al., 2013), orienting towards a low-carbon-emission city. In addition to echoing the principles of the minimum ecological footprint and living in harmony with nature, some projects underscore the need to achieve autonomous communities that have clear programmes and strategies for economic sustainability, through actions of community local farming. Moreover, projects constitute Living Labs for the production of knowledge, training and the trialling of innovative technologies for sharing through the networks. In keeping with European Charters, based on the Document drawn up by AUDIS, GBC Italia, and Legambiente (2011), it may be stated that Eco-neighbourhood (1) requalifies already urbanized areas and recovers degraded areas, protects green areas and natural resources, replaces obsolete buildings with better and with new urban quality, restores balance to the ratio between solids and voids, of permeable and impermeable soils; (2) combines, in a balanced fashion, a mix of urban functions, productive activities and social classes, offers local services, gathering places and green areas, creates community and a sense of belonging; (3) improves and fosters urban planning, infrastructural and functional connections between neighbourhood and the city, thus contributing towards regenerating city as a whole; (4) defines its functional mix (residence, productive activities, services) and infrastructure (transport, greenery) also in relation to urban context it is inserted into; (5) is developed in a strong relationship with public transport hubs, with the explicit purpose of discouraging and reducing dependence on cars and of promoting cycling and pedestrian mobility and mobility by collective means; (6) considers uses flexibility of buildings and of urban system as a planning value for building a city able to easily adapt to society's changes; (7) considers the issue of management as a node that does not refer exclusively to the self-organization of future inhabitants and users; (8) reduces energy waste to a minimum and generates, onsite and from renewable sources, much of the energy it uses; (9) collects and recycles water and waste, develops rainwater drainage systems, green roofs, neighbourhood vegetable gardens, permeable areas and widespread tree-planting, to better adapt to the extreme heat and torrential rains resulting from

dizioni in cui siano soddisfatti contemporaneamente una pluralità di parametri relativi alla dimensione sociale, ambientale, culturale ed economica» (AUDIS, GBC Italia & Legambiente, 2011). La Conferenza di Bruxelles del 2013 definisce il quadro di riferimento per le città sostenibili, di supporto per le amministrazioni locali, nella consapevolezza che le città, luoghi in cui si concentra la maggior parte della popolazione e nei quali maggiori sono il consumo di risorse e la produzione di rifiuti, devono divenire le protagoniste di trasformazioni strutturali e comportamentali essenziali.

La transizione verso un'Europa sostenibile (entro il 2030), coerente con l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (2015) si pone come obiettivo «il miglioramento del tenore di vita delle persone dando loro reali possibilità di scelta, creando un contesto favorevole, diffondendo la conoscenza e migliorando l'informazione. In questo modo dovremmo creare le condizioni per "vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" grazie all'uso più intelligente delle risorse e a un'economia moderna al servizio della nostra salute e del nostro benessere» (Commissione Europea, 2019). L'applicazione del Protocollo di Kyoto del 1997 ha assegnato al progetto urbano un ruolo fondamentale nella riduzione del consumo energetico e delle emissioni di gas serra associate (Joss et al., 2013) orientando verso una città a basse emissioni di carbonio. Oltre ad echeggiare i principi dell'impronta ecologica minima e il vivere in armonia con la natura, alcuni progetti evidenziano la necessità di realizzare comunità autonome che hanno chiari programmi e strategie per la sostenibilità economica attraverso azioni di agricoltura locale comunitaria. I progetti, inoltre, costituiscono *Living Labs* per la produzione di conoscenza, la formazione e la sperimentazione di tecnologie innovative per la condivisione attraverso le reti.

In coerenza con le Carte Europee, sulla base del Documento stilato da AUDIS, GBC Italia, Legambiente (2011) è possibile affermare che l'Ecoquartiere (1) riqualifica aree già urbanizzate e recupera aree degradate, tutela le aree verdi e le risorse naturali presenti, sostituisce edifici obsoleti con edifici migliori e con nuova qualità urbana, riequilibra il rapporto tra pieni e vuoti, dei suoli permeabili e impermeabili; (2) combina tra loro in modo equilibrato un mix di funzioni urbane, di attività produttive e di classi sociali, offre servizi di prossimità, spazi di incontro e aree verdi, crea comunità e senso di appartenenza; (3) migliora e favorisce le connessioni urbanistiche, infrastrutturali e funzionali tra il quartiere e il resto della città, contribuendo alla rigenerazione della città nel suo insieme; (4) definisce il suo mix funzionale (residenza, attività produttive, servizi) e la dotazione infrastrutturale (trasporti, verde) anche in relazione al contesto urbano in cui è inserito; (5) si sviluppa in forte relazione con i nodi del trasporto pubblico allo scopo esplicito di scoraggiare e ridurre la dipendenza dall'auto e di promuovere la mobilità ciclopedonale e con mezzi collettivi; (6) considera la flessibilità degli usi degli edifici e dell'impianto urbano come un valore progettuale per costruire una città in grado di adattarsi facilmente ai cambiamenti della società; (7) considera il tema della gestione come un nodo non rinviabile esclusivamente all'auto-organizzazione dei futuri abitanti e fruitori; (8) riduce al minimo gli sprechi di energia e genera da fonti rinnovabili e in loco la gran parte dell'energia che utilizza; (9)raccoglie e ricicla acque e rifiuti, realizza sistemi di drenaggio delle acque piovane, tetti verdi, orti di quartiere, aree permeabili e alberatura diffusa, per adattarsi al meglio ai picchi di calore e alle piogge torrenziali conseguenti ai cambiamenti climatici in corso; (10) utilizza i materiali, gestisce i cantieri e programma la manutenzione

futura, adottando criteri di sicurezza, tutela della salute, analisi del ciclo di vita e gestione ambientale, efficienza ecologica ed economica, circolarità delle risorse; (11) viene definito e adattato alla specifica situazione locale attraverso meccanismi di progettazione partecipata e integrata; (12) sottopone a certificazione di sostenibilità tanto l'intervento complessivo quanto i singoli edifici.

Il modello proposto individua gli strumenti trasversali di riferimento attraverso la Carta di Lipsia e i documenti nazionali derivati (Carta AUDIS sulla Rigenerazione Urbana, in particolare, i 9 Criteri di Qualità della Rigenerazione Urbana, 2008; il decalogo Costruire Città Sostenibili sottoscritto da Legambiente e ANCE Lombardia, 2010; il Manifesto dell'Architettura e delle Energie Rinnovabili dell'Unione Internazionale degli Architetti, 2011), come supporto alle macro-fasi di sviluppo del progetto che, dall'attivazione del processo con il coinvolgimento dei portatori di interesse, passa attraverso una progettazione integrata e partecipata, fino alle azioni di verifica, monitoraggio e gestione successiva alla realizzazione.

Nel 2011 il documento redatto dal *Portland Sustainable Institute* (PoSI) definisce «An Eco-District is a Neighborhood committed to sustainability with empowered people, green buildings and smart infrastructure. Eco-Districts are a comprehensive strategy to accelerate sustainable development at the neighborhood scale by integrating building and infrastructure projects with community and individual action. They are an important scale to accelerate sustainability, small enough to innovate quickly and big enough to have a meaningful impact. They offer a meaningful way to test and integrate the Neighborhood-based solutions that Cities urgently need» (EcoDistricts, 2011). L'approccio è semplice: utilizzare gli Eco-Distretti come "zone di innovazione pubblico-privato" dove le più recenti pratiche commerciali, la tecnologia e le politiche pubbliche di sostegno si uniscono per ottenere ambiziosi risultati di sostenibilità. L'Istituto ha individuato *The Assessment Toolkit*, uno strumento di supporto, finalizzato a definire uno standard di performance e un processo finalizzati a definire progetti alla scala del *District*, orientati su otto aree di performance, che definiscono le priorità per il raggiungimento di coerenti obiettivi di sostenibilità. Gli *Eco-District*, quindi, connettono le esigenze delle persone con il modo in cui i luoghi sono concepiti migliorando la qualità dell'ambiente, rappresentando una scala importante per accelerare la sostenibilità, abbastanza piccoli da innovare rapidamente e abbastanza grandi da avere un impatto significativo.

Centrale è un approccio circolare finalizzato a diminuire le pressioni ambientali, sociali ed economiche, orientato a "*Zero waste, low carbon, intelligent and digital efficiency*", che ponga gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals*) come "bussola e mappa", in una prospettiva a lungo termine, che rispettando allo stesso tempo i limiti del nostro pianeta e assicurandola alle generazioni future, evidenziando l'importanza di integrare le dimensioni sociale, economica, ambientale e istituzionale nel progetto di trasformazione urbana (Valentin & Spangenberg, 2000; Boyoko et al., 2006; Sharifi & Murayama, 2013).

Dall'inizio del 2000, la diffusione globale di iniziative orientate ad integrare i principi di sostenibilità nello sviluppo del quartiere deriva dalla transizione del concetto di sostenibilità da presupposto a criterio articolato di intervento. L'importanza di integrare le diverse dimensioni sociale, economica, ambientale e istituzionale ha portato a definire specificatamente un approccio evoluto nel processo

climate changes; (10) uses materials, manages work sites and programmes future maintenance by adopting criteria of safety, protection of health, analysis of life cycle and environmental management, ecological and economic efficiency, circularity of resources; (11) is defined and adapted to the specific local situation through mechanisms of shared, integrated planning; (12) submits the overall intervention and the individual buildings for sustainability certification. The proposed model identifies the transversal instruments of reference through Leipzig Charter and derived national documents (AUDIS Charter on Urban Regeneration, in particular the 9 Quality Criteria of Urban Regeneration, 2008; Decalogue signed with Legambiente and ANCE Lombardia, 2010; Manifesto of Architecture and Renewable Energies of International Union of Architects, 2011) as a support for the macro-phases of project's development which, from the activation of the process with the stakeholders' involvement, passes through an integrated, shared planning, arriving at actions of verification, monitoring, and management after development. In 2011, the document drawn up by the Portland Sustainable Institute states as follows: «An Eco-District is a Neighborhood committed to sustainability with empowered people, green buildings and smart infrastructure. Eco-Districts are a comprehensive strategy to accelerate sustainable development at the neighborhood scale by integrating building and infrastructure projects with community and individual action. They are an important scale to accelerate sustainability, small enough to innovate quickly and big enough to have a meaningful impact. They offer a meaningful way to test and integrate the Neighborhood-based solutions that Cities urgently need» (EcoDistricts, 2011). The approach is a simple one: to use Eco-Districts as "zones of public/private innovation" where recent commercial practices, technologies and public support policies join together to achieve ambitious sustainability results. The Institute identified "Assessment Toolkit", a support tool aimed at defining a performance standard and a process aimed at defining projects on District scale, orientated over eight areas of performance that define priorities for achieving consistent sustainability goals. Eco-Districts, then, connect people's needs with the way in which the places are conceived, thus improving environment's quality and representing an important scale for accelerating sustainability, small enough to rapidly innovate and large enough to have a significant impact. Vitally significant is a circular approach aimed at reducing environmental, social and economic pressures, orientated towards a "zero waste, low carbon, intelligent and digital efficiency" for which Sustainable Development Goals are "compass and map" with a long-term perspective, that respecting the limits of our planet and ensuring it for future generations by at the same time, underscore the importance of integrating social, economic, environmental and institutional dimensions into urban transformation project (Valentin & Spangenberg, 2000; Boyoko et al., 2006; Sharifi & Murayama, 2013). Since early 2000, the global spread of initiatives oriented towards integrating sustainability principles into neighbourhood's development has derived from the transition of sustainability concept from prerequisite to articulated intervention criterion. The importance of integrating various social, economic, environmental and institutional dimensions has led to specifically defining

an evolved approach in intervention process. In specific terms, literature shows that social criteria are aimed at improving the communities' livability and at increasing intra-generational justice of development by responding to needs of a diversified array of groups (IACD, 2018); economic criteria aim at improving self-sufficiency and well-being by stimulating job creation and attracting investment (Berke & Conroy 2000); environmental criteria call attention to ecological constraints and improve intra-generational justice of development, encouraging the smart use of resources and mitigating the effects of climate change with a resilient approach (Georgiadou & Hacking, 2011); institutional criteria aim to ensure that stakeholders are involved in the planning process with an institutional support for implementing the projects while improving acceptability and feasibility of development (Wheeler, 2004). Eco-district, then, ensures a development or a regeneration, on the neighbourhood scale, that deals with mitigation and adaptation to the climate with sustainable and inclusive strategies, employing circular and resilient, nature-based technologies, smart infrastructure and renewable energies (Battisti et al., 2015). They may also be drivers for the entire city, establishing higher levels in achieving high resilience goals (Fitzgerald, 2016). An Eco-District, then, is a neighbourhood that generates all its energy from renewable resources onsite, collects and recycles rainwater and waste and gives priority to pedestrian, bicycle and transit access. It combines mixed uses, parks, schools, community centres and advanced IT infrastructure and services (Bennett, 2009). A social approach to the definition of Eco-District sees Civic Ecology as the basis upon which to focus operation revolving around the project, thus achieving «the integrated web of energy, nutrient, resource, financial, information and cultural flows and interactions that are envisioned, created and managed by citizens acting for the common good within a geographically-defined community and its city-region. It is a human ecology of place, intimately integrating both natural and social/culture systems» (Smith, 2010). The concept of Eco-District can contribute towards urban and community sustainability, overcoming the distributive approach and expanding the choices connected to technological efficiency ("hardware" of sustainability) in the solution of the problems, thus assuming the role of a transformative, inclusive, and shared model ("software" of sustainability) through five fundamental qualities: «1) a whole systems approach to community making; 2) a focus on community place; 3) a requirement for a new social contract that empowers stronger democracy and social capital in community-making enterprise; 4) a focus through these means on identifying shared community needs and capacities as a basis for action and 5) identifying specific strategies for maintaining open-ended, adaptive capability critical to achieving community sustainability» (Smith, 2010). The "sustainable" and "green" dimension of processes of building and dwelling in response to problems of our time relates to the choice, origin and life of materials, energy consumed for transport and transformation, the interventions' construction process, the quality of the thermal performance of the object of these interventions, the energy needed for them to work properly, the maintenance processes, the overall duration of the sets, the functional flexibility of the spaces on all scales, the adaptability

di intervento. In particolare, dalla letteratura emerge che i criteri sociali sono tesi, tra l'altro, a migliorare la vivibilità delle comunità e ad accrescere l'equità intra-generazionale dello sviluppo attraverso la risposta ai bisogni di una gamma diversificata di gruppi (IACD, 2018); i criteri economici mirano a migliorare l'autosufficienza e il benessere attraverso la creazione di posti di lavoro e l'attrazione di investimenti (Berke & Conroy 2000); i criteri ambientali richiamano l'attenzione sui vincoli ecologici e migliorano l'equità intergenerazionale dello sviluppo incoraggiando l'uso intelligente delle risorse e mitigando gli effetti dei cambiamen ti climatici con un approccio resiliente (Georgiadou & Hacking, 2011); i criteri istituzionali, infine, mirano ad assicurare che gli stakeholder siano coinvolti nel processo di pianificazione con un supporto istituzionale per l'implementazione dei progetti migliorando l'accettabilità e la fattibilità dello sviluppo (Wheeler, 2004). L'*Ecodistrict*, quindi, assicura uno sviluppo o una rigenerazione, a scala di quartiere, che affronti la mitigazione e l'adattamento al clima con strategie sostenibili e inclusive, impiegando tecnologie circolari e resilienti, nature-based, infrastrutture intelligenti ed energie rinnovabili (Battisti et al., 2015). Possono, inoltre, svolgere un'azione propulsiva sull'intera città, fissando livelli più elevati nel raggiungere obiettivi di resilienza elevati (Fitzgerald, 2016). Un EcoDistretto è, quindi, un quartiere che genera tutta la sua energia da fonti rinnovabili *in-site*, raccoglie e ricicla l'acqua piovana e i rifiuti e dà la priorità agli accessi pedonali, ciclabili e di transito. Combina usi misti, parchi attrezzati, scuole, centri comunitari e servizi e infrastrutture IT avanzate (Bennett, 2009).

Un approccio sociale alla definizione di *EcoDistrict*, vede nella *Civic Ecology* la base su cui incentrare l'operatività che ruota intorno al progetto, realizzando «the integrated web of energy, nutrient, resource, financial, information, and cultural flows and interactions that are envisioned, created and managed by citizens acting for the common good within a geographically-defined community and its city-region. It is a human ecology of place, intimately integrating both natural and social/culture systems» (Smith, 2010). Il concetto di *EcoDistrict* può contribuire alla sostenibilità urbana e comunitaria superando l'approccio distributivo e ampliando le scelte connesse all'efficienza tecnologica (*the "hardware" of sustainability*) nella soluzione delle problematiche, assumendo il ruolo di modello trasformativo, inclusivo e partecipato (*the "software" of sustainability*) attraverso cinque qualità fondamentali: «1) a whole systems approach to community making; 2) a focus on community place; 3) a requirement for the creation of a new social contract that empowers stronger democracy and social capital in the community-making enterprise; 4) a focus through these means on identifying shared community needs and capacities as a basis for action; and 5) identifying specific strategies for maintaining the open-ended, adaptive capability critical to achieving community sustainability» (Smith, 2010).

La dimensione "sostenibile" e "*green*" dei processi del Costruire e dell'Abitare in risposta ai problemi della nostra epoca riguarda la scelta, l'origine e la vita dei materiali, l'energia consumata per i trasporti e le trasformazioni, il processo costruttivo degli interventi, la qualità delle *performance* termiche dell'oggetto di tali interventi, l'energia necessaria al loro buon funzionamento, i processi della manutenzione, la complessiva durata degli insiemi, la flessibilità funzionale degli spazi a tutte le scale, l'adattabilità delle nuove tecnologie (di approvvigionamento, smaltimento e comunicazione), l'idoneità delle tecniche di smontaggio e rimon-

taggio, le possibilità di trasformazione e di riciclaggio, e naturalmente anche, e in modo specifico, la possibilità di utilizzo di strategie bioclimatiche e di energie rinnovabili, soprattutto quella solare, per riscaldare, raffrescare, ventilare, illuminare naturalmente e accumulare energia elettrica e termica (Herzog, 2018).

Riferimento fondamentale è, pertanto, la definizione di "*Green City Approach*", come un approccio integrato e multisettoriale alla concezione e realizzazione di interventi trasformativi e rigenerativi, volti ad aumentare il grado di benessere, inclusione sociale e sviluppo durevole delle città, basato sugli aspetti ormai decisivi della elevata qualità ambientale, dell'efficienza e della circolarità delle risorse, della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico (Tucci, 2018). Una definizione articolata e aggiornata di tale approccio è stata definita sulla base della metodologia elaborata dall'*International Council for Local Environmental Initiatives* ed è stata fatta propria dalla Banca Europea per la Ricostruzione e lo Sviluppo.

Il "*Green City Approach*" è stato anche assunto come base per un programma di sviluppo di una *Green Economy* nelle città promosso dal *Economics of Green Cities Programme* nell'ambito dell'istituto *LSE Cities* della *London School of Economics*, coordinato da Nicholas Stern. In Italia questo nuovo percorso ha ricevuto apporti di rilievo. Nei primi mesi del 2017 è stato lanciato il Manifesto "La città futura", proposto da un gruppo di docenti di una ventina di Università italiane ed estere, nell'ambito delle iniziative degli Stati Generali della *Green Economy* (Antonini & Tucci, 2017) e, nell'ultimo anno lo sviluppo del nuovo percorso è supportato anche dall'organismo nazionale del GCN_*Green City Network* (Tucci, 2018) promosso dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile.

Un approccio metodologico di tipo multi - e inter-disciplinare , a-scalare e inter-settoriale consente di razionalizzare tutti gli aspetti in gioco nei differenti ambiti d'intervento trasformativo e nelle dimensioni del processo, del progetto e del prodotto anch'esse indissolubilmente interrelate, combinando metodologie tradizionali e innovative. II benessere degli utenti, il rispetto dei luoghi, la gestione delle risorse idriche, energetiche, bioclimatiche e fisiche, il controllo dei costi economici, sociali e ambientali, la valorizzazione dei capitali naturale, culturale, sociale e tecnologico, sono tutti elementi che devono esser tenuti in considerazione (Tucci, 2011).

Qualità ambientale, efficienza ecologica, plasticità, sicurezza, stabilità, produttività ecologica, consonanza, coerenza e giustizia costituiscono il quadro meta-prestazionale di requisiti, intesi come sistema di dimensioni prestazionali-ambientali, cui la progettazione tecnologica ambientale *green oriented* dovrebbe rispondere, per affrontare le questioni prioritarie emerse dalle sperimentazioni orientate per un *Green Building and Dwelling*, ha mostrato negli ultimi quattro decenni in Europa (Tucci, 2018).

«Per ottenere, entro questo secolo, risultati efficaci in direzione sostenibile e green, occorre la capacità, propria della progettazione ambientalmente e tecnologicamente consapevole, di individuare alcuni indirizzi strategici dialogando con le altre discipline, e perseguirli con determinazione adattando le soluzioni alle specificità locali» (Herzog, 2018).

of new technologies (of procurement, disposal, and communication), the suitability of disassembly and reassembly techniques, the possibility of transformation and recycling, and of course – and specifically – the possibility of using bioclimatic strategies and renewable energies, and solar above all, for heating, cooling, ventilating, lighting of course, and accumulating electric and thermal energy (Herzog, 2018).Therefore, a fundamental reference is the definition of "Green City Approach" as an integrated, multi-sector approach to the conception and development of transformative and regenerative interventions aimed at increasing the degree of well-being, social inclusion, and lasting development of the city, based on the now decisive aspects of high environmental quality, efficiency, and circularity of resources, mitigation of and adaptation to climate change (Tucci, 2018). An articulated and updated definition of this approach was made on the basis of the methodology developed by the International Council for Local Environmental Initiatives, and adopted by the European Bank for Reconstruction and Development. "Green City Approach" was also taken as the basis for a development programme of a Green Economy in cities, promoted by Economics of the Green Cities Programme in the setting of the LSE Cities institute at the London School of Economics, coordinated by Nicholas Stern. In Italy, this new path received important contributions. In the first months of 2017, the "La città futura" Manifesto, proposed by a group of instructors from about twenty Italian and foreign universities as part of the initiatives of the General Assembly of the Green Economy (Antonini & Tucci, 2017) was launched and, over the past year, the development of the new path has also been supported by the national body of the GCN_Green City Network (Tucci, 2018), promoted by Fondazione per lo Sviluppo Sustainable. A methodological approach that is multi- and interdisciplinary, non-scalar and inter-sectoral, makes it possible to streamline all the aspects in play in the various environments of transformative intervention and in the dimensions of the process, the project, and the product, themselves indissolubly interrelated, combining traditional and innovative methodologies. The users' well-being, respect for places, the management of water, energy, bioclimate and physical resources, control of economic, social and environmental costs and the valorization of natural, cultural, social and technological capital: are all elements that must be taken into consideration (Tucci, 2011). Environmental quality, ecological efficiency, plasticity, safety, stability, ecological productivity, consonance, consistency and justice are the meta-performance framework of requirements, understood as a system of performance-environmental dimensions, to which green-oriented environmental technological design must respond in order to grapple with the priority questions emerging from the experimentations oriented towards a Green Building and Dwelling, as the last four decades in Europe have shown (Tucci, 2018)

«To attain, before the end of this century, effective results in a sustainable and green direction, we need the ability, precisely of environmentally and technologically aware design, to identify certain strategic orientations by dialoguing with other disciplines, and to pursue them with determination by adapting the solutions to local, specific features» (Herzog, 2018).



Solar City “Linz-Pichling”,
Linz, Austria
(1995-2003)



Solar District “Hannover-
Kronsberg”, Hannover,
Germania (1996-2000)



Solar District “Waterkwartiert”,
Amersfoort-nieuwland,
Paesi Bassi (1996-2002)



Solar District “Am Schlierberg”,
Friburgo, Germania
1996-2000



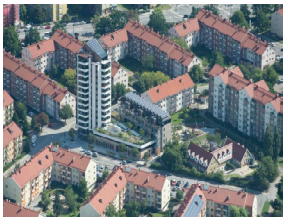
Eco-District “Vauban”,
Friburgo, Germania
(1998-2003)



Eco-District “BedZED”,
Wallington, Londra,
Gran Bretagna (1999-2002)



Eco-District “Bo01”,
Malmö, Svezia
(2000-2005)



Eco-District “Ekostaden
Augustenborg”, Malmö, Svezia
(2000-2007)



Eco-District “Vikki”,
Helsinki, Finlandia
(2000-2010)



Eco-District “Ballymun”,
Dublino, Irlanda
(2000-2015)



Eco-District “Greenwich
Millennium”, Londra,
Gran Bretagna (2000-2015)



Eco-District “Confluence”,
Lione, Francia
(2000-in corso)



Eco-District “Parc Goya”,
Saragozza, Spagna
(2001-2005)



Eco-District “Pilestredet Park”,
Oslo, Norvegia
(2001-2007)



Eco-District “Elm Park”,
Dublino, Irlanda
(2001-2008)



Eco-District “Caserne De
Bonne”, Grenoble, Francia
(2001-2009)



Eco-District “Le Albere”,
Trento, Italia
(2002-2013)



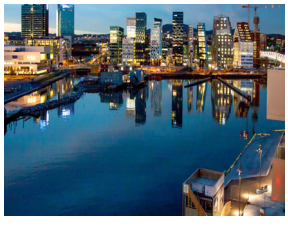
Eco-District “Clichy-
Batignolles”, Parigi, Francia
(2002-in corso)



Eco-District “Prairie-au-Duc”,
Nantes, Francia
(2003-in corso)



Eco-District “Ecociudad
Valdespartera”, Saragozza,
Spagna (2003-in corso)



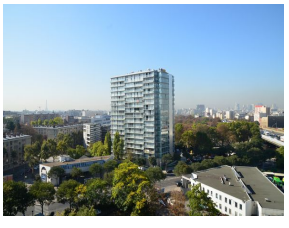
Eco-District “Bjørvika Barcode”,
Oslo, Norvegia
(2003-2016)



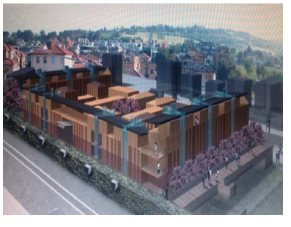
Eco-District “Mermoz Nord”,
Lione, Francia
(2004-2012)



Eco-District “Ginko”,
Bordeux, Francia
(2004-in corso)



Eco-District “Bois Le Prêtre”,
Parigi, Francia
(2005-2011)



Eco-District “Villa Aosta”,
Senigallia, Italia
(2005-2011)



Eco-District “De Poptahof”,
Delft, Paesi Bassi
(2005-2012)



Eco-District “Tjuvholmen”,
Oslo, Norvegia
(2005-2012)



Eco-District “La Duchère”,
Lione, Francia
(2005-2013)



Eco-District “Hammarby
Sjostad”, Stoccolma, Svezia
(2005-2015)



Eco-District “Île-Saint-Denis”,
Parigi, Francia
(2006-2017)



Eco-District “La Villeneuve”,
Grenoble, Francia
(2006-in corso)



Eco-District “Euroméditerranée”,
Marsiglia, Francia
(2007-in corso)



Eco-District “Hafen City”,
Amburgo, Germania
(2007-in corso)



Eco-District “Weingarten”,
Friburgo, Germania
(2007-2019)



Eco-District “De Toekomst”,
Vlaardingen, Paesi Bassi
(2008-2010)



Eco-District “Casanova”,
Bolzano, Italia
(2008-2012)



Eco-District “Nieuw
Waterlandplein”, Amsterdam,
Paesi Bassi (2005-2013)



Eco-District “Märkisches
Viertel”, Berlino, Germania
(2006-2016)



Eco-District “Park Hill”,
Sheffield, Gran Bretagna
(2009-2011)



Eco-District “Grubbehoeve”,
Amsterdam, Paesi Bassi
(2009-2014)



Eco-District “Flon”,
Losanna, Svizzera
(2009-in corso)



Eco-District “Europarei”,
Uithoorn-Amsterdam,
Paesi Bassi (2010-2012)



Eco-District “Park of the
Docks”, Saint Ouen, Francia
(2010-in corso)



Eco-District “Citè du Grand
Parc”, Bordeaux, Francia
(2011-2016)



Eco-District “SUPE.R.P.! Ex
Pegna, Torre degli Agli”,
Firenze, Italia (2010-in corso)



Eco-District “Ourcq-Jaures”,
Parigi, Francia
(2012-2016)



Eco-District “Bijmermeer”,
Amsterdam, Paesi Bassi
(2013-2016)



Eco-District “Monterotondo
Scalo”, Roma
(2013-in corso)



Eco-District “Schwabinger Tor”,
Monaco di Baviera, Germania
(2014-2020)



Eco-District “Ecoparc-
Neuchâtel”, Neuchâtel, Svizzera
(2015-2018)

References

Antonini, E. & Tucci, F. (2017), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano.

Audis, GBC Italia & Legambiente (2011), *Ecoquartieri in Italia: un patto per la rigenerazione urbana*, Edizioni Legambiente, Milano.

Barthon, H. (2000), "The Neighbourhood as ecosystem", in Barthon, H. (ed), *Sustainable Communities*, Earthscan, London.

Battisti, A., Endres, E., Santucci, D. & Tucci, F. (2015), *Energie: Bedrohung oder Chance für die Europäische Stadtlandschaft? | Energia: Occasione o minaccia per il paesaggio urbano europeo?*, Technische Universität München Verlag, Munich.

Bennett, R. (2009), *EcoDistricts Concept Paper,* available at http://www.ecodistricts.org

Berke, P.R., & Conroy, M.M. (2000), "Are We Planning for Sustainable Development?", *Journal of the American Planning Association,* vol. 66, pp.21-33.

Boyko, C., Cooper, R., Davey, C. & Wootton, A. (2006), "Addressing sustainability early in the urban design process", Management of Environmental Quality, vol.17, 6, pp.689-706.

Caprotti, F. (2014), "Eco-urbanism and the Eco-city, or Denying the Right to the City?", *Antipode*, 46 (5), pp.1285-1303.

Centre for Sustainable Energy (2018), *Low-carbon neighbourhood planning. A guide to creating happier, healthier, greener communities*, CSE, Bristol.

Commissione Europea (2019), *Documento di riflessione. Verso un'Europa sostenibile entro il 2030*, European Commission, Bruxelles.

de Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., & Weijnen, M. (2015), "Sustainable smart resilient low carbon ecoknowledge cities", *Journal of Cleaner Production*, sp. issue 2015, pp. 25-38.

EcoDistrict (2011), *The EcoDistricts Toolkit,* available at https://www.pdx.edu/sustainability/institute-for-sustainable-solutions.

EcoDistricts (2013), *The EcoDistricts Framework*, EcoDistricts Editions, Ontario.

EcoDistrict (2017), *Protocol. The standard for community Development*, EcoDistricts Editions, Ontario.

Fitzgerald, J. & Lenhart, J. (2016), "Eco-districts: Can they accelerate urban climate planning?", *Environment and Planning,* vol. C, pp.1-17.

Flurin, C. (2017), "Eco-districts: development and evaluation. A European case study", *Procedia Environmental Sciences,* 37, pp.34-45.

Friedman, A. (2015), *Fundamentals of Sustainable Neighbourhoods*, Springer international Publishing, New York.

Georgiadou, M.C. & Hacking, T. (2011), "Future-Proofed Design for Sustainable Communities", *Sustainability in Energy and Buildings*, 7, pp.179-188.

Green City Network & Tucci, F. (2018), *Le Città, laboratori della Green Economy, Stati Generali della Green Economy*, Susdef Edizioni, Roma.

He, D. & Wang, J. (2017), *Changing Cities in 5 steps*, available at http://www.efchina.org/Reports-en/report-lccp-20170816-en

Herzog, T. (2018), "Presentazione | Presentation", in Tucci, F., *Costruire e Abitare Green | Green Building and Dwelling*, Altralinea, Firenze, pp.16-21.

IACD (2018), *Towards Shared International Standards for Community Development Practice*, available at http://www.iacdglobal.org/wp-content/uploads/2018/06/IACD-Standards-Guidance-May-2018_Web.pdf

Joss, S. (2015), "Eco-cities and Sustainable Urbanism", *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, vol. 6, pp.829-837.

Joss, S. & Molella, A.P. (2013), "The Eco-City as Urban Technology", *Journal of Urban Technology,* 20 (1), pp. 115-137.

Kan, C. (2017), *Are residents living in eco-districts environmentally conscious?*, Uppsala University, Sweden.

Kost, C. & Nohn, M. (2011), *Better streets, better cities.* Institute for Transportation and Development Policy, available at http://www.itdp.org/betterstreets

Losasso, M. & D'Ambrosio, V. (2012), "Eco-quartieri e Social Housing nelle esperienze nord europee", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 4, pp.44-52.

Perrotta, K., Campbell, M., Chirrey, S., Frank, L. & Chapman, J. (2012), *The Walkable City, Travel Choices and Health*, Toronto Public Health, Toronto.

Register, R. (2000), *Ecocities: Building Cities in Balance with Nature,* Ecocity Builders, available at https://ecocitybuilders.org.

Selzter, E., Smith, T., Cortright, J., Bassett, E.M. & Shandas, V. (eds), *Making EcoDistricts,* Bullitt Foundation, Seattle.

Sharifi, A. (2016), "From Garden City to Eco-urbanism", *Sustainable Cities and Society*, 20, pp.1-16.

Sharifi, A. & Murayama, A. (2013), "A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools", *Environmental Impact Assessment Review,* 38, pp.73-87.

Smith, T. (2010), "Civic Ecology: An EcoDistrict Community Design Framework", in Selzter, E., Smith, T., Cortright, J., Bassett, E.M. & Shandas, V. (eds), *Making EcoDistricts*, Bullitt Foundation, Seattle, pp.23-61.

Souami, T. (2009), *Écoquartiers, secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens*, Éditions les Carnets de l'info, Paris.

Suzuki, H., Dastur, A., Moffatt, S., Yabuki, N. & Maruyama, H. (2010), *Eco2 Cities,* World Bank Publications, Washington DC.

Tucci, F. (2011), *Efficienza Ecologica ed Energetica in Architettura / Environmental and Energy Efficiency in Architecture*, Alinea, Firenze.

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale | Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*, Altralinea, Firenze.

Valentin, A. & Spangenberg, J.H. (2000), "A guide to community sustainability indicators", *Environmental Impact Assessment Review*, 20, pp.381-392.

Wheeler, S. (2004), *Planning for sustainability: creating livable, equitable, and ecological communities*, Routledge, London-New York.

Infrastrutture verdi
Green Infrastructure

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Definizione

La Commissione Europea definisce le "infrastrutture verdi" come «una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano» (European Commission, 2013b). Questa definizione del 2013 evidenzia alcuni elementi chiave utili per comprendere e progettare correttamente le infrastrutture verdi. In primo luogo pone l'accento sulla necessità di inquadrarle in un contesto ambientale ampio, e nell'ambito di progetti strategici di vasta scala, in grado di superare meri confini amministrativi. In secondo luogo, ne individua l'obiettivo, ossia produrre benefici e servizi ecosistemici per il sistema locale (MEA, 2005), in termini sia di tutela della biodiversità, sia di implementazione del capitale naturale, in particolare nei contesti antropizzati.

Le infrastrutture verdi sono infatti sostanzialmente «il risultato della combinazione di due categorie di azioni. Da un lato il mantenimento attivo di unità ambientali esistenti che costituiscono capitale naturale e sono capaci di produrre servizi ecosistemici. Dall'altro la realizzazione ex-novo di unità ecosistemiche naturali uniformi con caratteristiche e performance confrontabili alle precedenti» (Malcevschi & Bisogni, 2016: 35). Alla base del concetto di infrastruttura verde è il principio che la tutela e la valorizzazione della natura e dei processi naturali debbano essere consapevolmente integrati nella pianificazione e nello sviluppo dei territori. Rispetto alle infrastrutture tradizionali, le cosiddette "infrastrutture grigie", generalmente progettate per rispondere a un singolo specifico obiettivo funzionale, le infrastrutture verdi si connotano per la loro multifunzionalità, avendo come obiettivo quello di implementare i servizi alla collettività, sotto forma di qualità dell'ambiente, adattamento e contrasto ai cambiamenti climatici, prevenzione dei rischi ambientali, fruibilità delle aree, produzione di cibo e materie prime. In sostanza l'infrastruttura verde offre contemporaneamente risposte a questioni ambientali, sociali ed economiche. Per fare questo occorre che la loro pianificazione, progettazione e gestione siano pienamente integrate nelle diverse politiche di settore.

In particolare, alle infrastrutture verdi è riconosciuto un ruolo centrale per l'attuazione degli obiettivi di sviluppo europei in materia di adattamento e contrasto ai cambiamenti climatici, tutela della biodiversità, programmazione dei fondi strutturali[1] (European Commission, 2013a). Questo perché il loro essere multifun-

Definition

The European Commission defines "green infrastructure" as «a strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services. It incorporates green spaces (or blue if aquatic ecosystems are concerned) and other physical features in terrestrial (including coastal) and marine areas. On land, GI is present in rural and urban settings» (European Commission, 2013b). This definition of 2013 highlights some key elements to understand and correctly design green infrastructures. First of all, it emphasizes the need to place GIs in a broad environmental context and in the context of large-scale strategic projects, able to overcome mere administrative boundaries. Secondly, it identifies the objective to produce ecosystem benefits and services for the local systems (MEA, 2005), in terms of both protection of the biodiversity and implementation of the natural capital, particularly in anthropized contexts.

GIs are substantially «the result of two different categories of action. On one side the active maintenance of already existing environmental units that build a natural capital and can produce ecosystem services. On the other the realization, from scratch, of nature-like ecosystem units with characteristics and performances comparable to the natural ones» (Malcevschi & Bisogni, 2016: 35). At the base of this concept of GI there is the principle that the protection and enhancement of nature and natural processes must be consciously integrated in the planning and the development of territories. Compared to traditional infrastructures, the so-called "grey infrastructures", generally designed to respond to a single functional objective, GIs are characterized by multi-functionality, with the aim of implementing services to the community, in the form of environmental quality, adaptation and contrast to climate change, prevention of environmental risks, usability of areas, production of food and raw materials. The GI simultaneously offers answers to environmental, social and economic issues. To do this, their planning, design and management must be fully integrated into the different sectorial policies. In particular, GIs are recognized as playing a central role in the implementation of European

1 Si fa riferimento in particolare al Libro Bianco della Commissione Europea sull'adat-

development goals in terms of adapting and combating climate change, protecting biodiversity and planning the structural funds[1] (European Commission, 2013a). This is because their being multifunctional and their ability to produce adaptive solutions in response to global changes, makes them effective tools for a successful ecological redevelopment in particular in urban and periurban contexts. Acting on these anthropized contexts is particularly significant because the majority of the population is here concentrated; they are areas in continuous expansion and their development presents numerous elements of fragility, due to the strong settlement pressures to which they are subjected and the difficulty of reconciling the need for protection and the need for development (European Union, 2011).

Basically, the GIs are characterized by: establishing a critical mass, or framing themselves in a broad environmental context; being physically and functionally integrated with the wider urban infrastructure system; being multi-functional; being alternatives and substitutes for grey infrastructure; physically and functionally connecting green spaces at different scales; being multiscale; being multi-object (Naumann et al., 2011; Hansen & Pauleit, 2014). Thus, GIs are essential drivers for the sustainable development of the territories (Malcevschi & Bisogni, 2016).

Evolution of the term

In 2001, the introduction of the text Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century showed that the term "green infrastructure" had multiple meanings depending on the context of use and the users themselves. In that text the authors defined GIs as "an interconnected network of green spaces that preserves the values and functions of the natural ecosystem and offers advantages associated with human populations" (Benedict & McMahon, 2001: 5). The importance of this systemic vision with respect to green systems also in the urban area is rapidly transferred, at least from a theoretical point of view, also within the disciplines of planning and design. We refer for example to the text Green Infrastructure Planning in Urban Sweden (Sandström, 2002).

On the other hand, with reference to European policy, in 2009 the White Paper on adaptation to climate change COM (2009) 147 stated that «Available data show that exploiting the ability of nature to absorb or control impacts in urban and natural areas it can be a more efficient adaptation solution than just dealing with the aspect of physical infrastructure. Green infra-

zionali e la loro capacità di produrre soluzioni adattive in risposta ai cambiamenti globali in atto, le rende strumenti efficaci per una effettiva riqualificazione ecologica in particolare dei contesti urbani e periurbani. Agire sui contesti maggiormente antropizzati risulta peraltro particolarmente significativo in ragione del fatto che qui si concentra una quota elevata - e crescente - della popolazione; inoltre lo sviluppo degli ambiti periurbani presenta numerosi elementi di fragilità, a causa delle forti pressioni insediative cui sono sottoposti e della difficoltà di conciliare esigenze di tutela e opportunità di valorizzazione (European Union, 2011).

Le infrastrutture verdi si caratterizzano per i seguenti aspetti: sono in grado di costituire una massa critica, ovvero di inquadrarsi in un contesto ambientale ampio; sono integrate fisicamente e funzionalmente con il più ampio sistema infrastrutturale urbano; rappresentano una alternativa alle infrastrutture grigie; connettono fisicamente, funzionalmente ed ecologicamente spazi verdi a diverse scale; sono multifunzionali, multiscalari e multi-oggetto (Naumann et al., 2011; Hansen & Pauleit, 2014).Così concepite le infrastrutture verdi costituiscono un *driver* essenziale per lo sviluppo sostenibile dei territori (Malcevschi & Bisogni, 2016).

Evoluzione del termine

Nel 2001 nell'introduzione del testo *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century* si evidenziava come il termine "*green infrastructure*" avesse molteplici significati a seconda del contesto di utilizzo e degli utilizzatori stessi. In quel testo gli autori definivano le GI come "una rete interconnessa di spazi verdi che conserva i valori e le funzioni dell'ecosistema naturale e offre vantaggi associati alle popolazioni umane" (Benedict & McMahon, 2001:5). L'importanza di tale visione sistemica rispetto ai sistemi verdi anche in ambito urbano si trasferisce rapidamente, almeno dal punto di vista teorico, anche all'interno delle discipline della pianificazione e del progetto. Ci si riferisce ad esempio al testo *Green Infrastructure Planning in Urban Sweden* (Sandström, 2002).

Con riferimento invece all'ambito delle politiche europee, nel 2009 il Libro Bianco sull'adattamento ai cambiamenti climatici COM(2009)147 affermava che «Dai dati disponibili risulta che sfruttare la capacità della natura di assorbire o controllare gli impatti nelle zone urbane e naturali può essere una soluzione di adattamento più efficiente rispetto al fatto di trattare unicamente l'aspetto delle infrastrutture fisiche. L'infrastruttura verde può svolgere un ruolo di primo piano in termini di adattamento perché può fornire risorse essenziali a fini socioeconomici in condizioni climatiche estreme» (European Commission, 2009, p. 6). Il Libro Bianco riconosce quindi come l'approccio ecosistemico al progetto urbano - entro cui si collocano le infrastrutture verdi - sia in grado di portare risultati e benefici tangibili rispetto al miglioramento della resilienza dei sistemi insediativi (Elmqvist et al., 2013; van Timmeren, 2013).

In Europa questo approccio, introdotto sostanzialmente nell'ultimo decennio, è tuttora in crescita, con ricadute nella pianificazione territoriale e nella progettazione (ISPRA, 2010; TEEB, 2011). Una prima loro significativa formalizzazione è stata curata nel 2011 dall'Agenzia Europea dell'Ambiente con il rapporto *Green Infrastructure and territorial cohesion* che propone una articolazione e declinazione delle infrastrutture verdi basata sulla scala di intervento - urbana e di pa-

---

1 The reference is in particular to the European Commission's White Paper on adaptation to climate change COM(2009)147, to the 2011 EU Biodiversity Strategy and to the Common Strategic Framework (CSF) for the 2014-2020 programming of the European structural and investment funds (ESIF).

tamento ai cambiamenti climatici COM (2009)147, alla Strategia europea per la Biodiversità del 2011 e al Quadro Strategico Comune (QSC) per la programmazione 2014-2020 dei Fondi SIE (Strutturali e di Investimento).

esaggio -, analizzando le caratteristiche e i benefici derivati dal loro impiego e proponendo una rassegna di buone pratiche (EEA, 2011).

Lo sviluppo del concetto di infrastruttura verde ha portato a un notevole avanzamento teorico e tecnico nel campo dell'ingegneria naturalistica e della progettazione tecnologica e ambientale. In particolare, ha favorito un diverso approccio al progetto di rinaturazione, superando la logica strutturale di mera ricostruzione del capitale naturale, in favore di una logica polifunzionale di produzione di servizi ecosistemici in risposta alle pressioni e alle richieste del territorio. Questa nuova ottica si riscontra sia nell'inquadramento degli interventi puntuali di ingegneria naturalistica già attuati in logiche funzionali più complesse e articolate, sia in un vero e proprio ripensamento del progetto ambientale, ad esempio con la realizzazione di ecosistemi-filtro (ovvero nuove unità ambientali che, oltre a raggiungere obiettivi progettuali di disinquinamento, producono *performance* ecologiche complessive) e di interventi di *préverdissement* (ovvero l'anteposizione della realizzazione degli interventi ambientali a quella delle opere edili) (Regione Lombardia, 2013). Nella realtà applicativa, la scelta della tipologia di infrastruttura verde più efficace è chiaramente legata alle caratteristiche del contesto eco-territoriale di riferimento, e spesso porta alla realizzazione di un vero e proprio "mosaico" di infrastrutture verdi tra loro interconnesse.

Se a livello progettuale il tema delle infrastrutture verdi ha prodotto degli avanzamenti, c'è ancora molta strada da fare rispetto alla sua integrazione nella pianificazione locale, declinandolo in particolare a livello urbano e periurbano. A tal fine è necessario mettere a punto strumenti programmatici specificatamente riferiti alle reti ecologiche, che operino in una logica di "Riequilibrio Ecologico Bilanciato - REB": da un lato contabilizzando il capitale naturale e i servizi ecosistemici consumati dagli interventi di sviluppo urbano e, dall'altro, mettendo in campo opere compensative per la produzione di nuovi valori ambientali. Strumenti che sarebbero peraltro utili anche alla diffusione di una maggiore consapevolezza sul tema, e quindi funzionali a una maggior assunzione di responsabilità da parte della cittadinanza (Malcevschi & Bisogni, 2016).

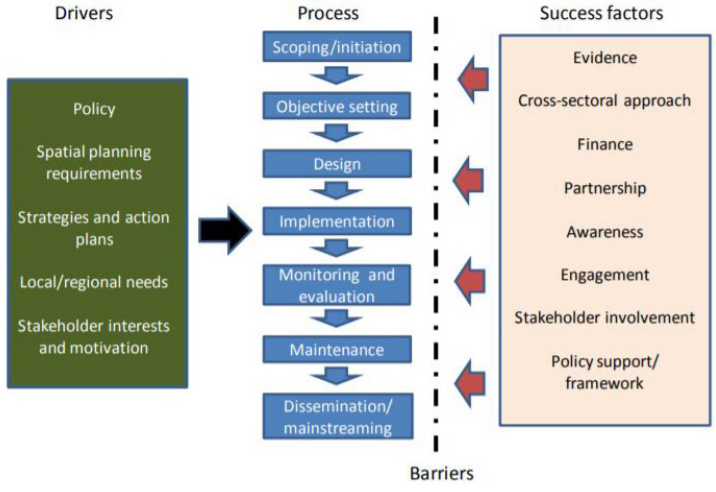


Fig. 1 - Elementi del progetto, realizzazione e sviluppo delle green infrastructure / *Elements of green infrastructure project design and implementation* (Source: Naumann et al., 2011: 28).

structure can play a leading role in terms of adaptation because it can provide essential resources for socio-economic purposes in extreme weather conditions» (European Commission, 2009, p. 6). The White Paper recognizes how the ecosystem approach to urban design - where green infrastructures are located - is able to bring tangible benefits with respect to the improvement of the resilience of settlement systems (Elmqvist et al., 2013; van Timmeren, 2013).

In Europe this approach, introduced substantially in the last decade, is still growing, with repercussions in territorial planning and design (ISPRA, 2010; TEEB, 2011). A first significant formalization was carried out in 2011 by the European Environment Agency with the Green Infrastructure and territorial cohesion report which proposes an articulation and declination of green infrastructures based on the scale of intervention - urban and landscape -, analyzing the characteristics and benefits derived from their use and by proposing a review of good practices (EEA, 2011).

The development of the GI concept has led to considerable theoretical and technical progress in the field of naturalistic engineering. In particular, it favoured a different approach to the renaturation project, overcoming the structural logic of a mere reconstruction of natural capital, in favour of a multifunctional logic of production of ecosystem services in response to the pressures and demands of the territory. This new perspective is found both in the framing of naturalistic engineering interventions already implemented in more complex and articulated functional logics, and in a real rethinking of the environmental project, for example with the creation of filter-ecosystems (i.e. new environmental units that in addition to achieving clean-up design goals, they produce overall ecological performance) or préverdissement interventions (i.e. the implementation of environmental interventions as an alternative to building works) (Regione Lombardia, 2013). In the application, the choice of the most effective type of GI is clearly linked to the characteristics of the eco-territorial context of reference, and often leads to the creation of a real "mosaic" of inter-connected GIs.

If at the design level the theme of GI has produced progress, there is still a long way to go compared to its integration into local planning, in particular at the urban and periurban level. To do this, it is necessary to set up general programmatic tools specifically referred to ecological networks that operate in a logic of "Ecological Rebalancing Balance - ERB" which on the one hand accounts for the natural capital and ecosystem services consumed by urban development interventions, and by another field of compensatory works for the production of new environmental values. Tools that would also be useful for spreading greater awareness and responsibility on the subject involving the citizenship (Malcevschi & Bisogni, 2016).

The European context - and the Italian in particular - must also refine the research on the economic repercussions derived

from the use of green infrastructures, looking at what has been developed for example in the United States. In North America, the studies developed by the US Environmental Protection Agency clearly highlight not only the benefits of GIs in terms of ecosystem services provided, but also, and above all, the long-term economic advantages, with particular regard to the reduction of costs for the management of public spaces and services (WBCSD, 2014).

Finally, it is useful to make a reflection on the management of GIs as well as on its implications on the planning and the design. From a governance point of view, GI is required to maintain a certain degree of flexibility to respond to changes over time, but at the same time, it must guarantee durability to offer long-term benefits. The continuous implementation of protection, restoration, improvement and maintenance actions is necessary for their effective exercise, as well as the inclusive involvement of communities, the collaboration between local authorities and stakeholders and the multidisciplinary technical support in the fields of landscape ecology, urban and territorial planning, environmental design and landscape are as well fundamental (Mussinelli et al., 2018). Towards the integration of these fields, future research on GIs needs to be oriented.

Il contesto europeo - e italiano in particolare - deve inoltre ancora affinare la ricerca sulle ricadute economiche derivate dall'impiego di infrastrutture verdi, guardando a quanto sviluppato ad esempio negli Stati Uniti. Nel Nord America gli studi sviluppati dalla *US Environmental Protection Agency* ben evidenziano infatti non solo i benefici delle infrastrutture verdi in termini di servizi ecosistemici erogati, ma anche, e soprattutto, i vantaggi economici nel lungo periodo, in particolare rispetto alla riduzione dei costi per la gestione di spazi e servizi pubblici (WBCSD, 2014).

Infine è utile operare una riflessione sulla gestione delle infrastrutture verdi, che implica inevitabili ricadute anche sulla sua programmazione e progettazione. Dal punto di vista della *governance* l'infrastruttura verde è chiamata a mantenere un certo grado di flessibilità per rispondere ai cambiamenti nel tempo, ma contemporaneamente deve garantire durabilità per offrire benefici a lungo termine. Per un loro efficace esercizio occorre quindi la continua messa in campo di azioni di monitoraggio, protezione, ripristino, miglioramento e mantenimento; azioni favorite anche da forme di coinvolgimento inclusivo della collettività, di collaborazione tra autorità locali e *stakeholder* e di supporto tecnico multidisciplinare nei campi dell'ecologia paesistica, della pianificazione urbana e territoriale, della progettazione ambientale e del paesaggio (Mussinelli et al., 2018). Verso l'integrazione di questi campi occorre quindi orientare la futura ricerca sulle infrastrutture verdi.

References

Benedict, M. & McMahon, E. (2001), *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, Washington, DC.

EEA - European Environment Agency (2011), *Green infrastructure and territorial cohesion The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, Technical report n. 18.

Elmqvist, T.; Fragkias, M.; Goodness, J.; Güneralp, B.; Marcotullio, P.J.; McDonald, R.I.; Parnell, S.; Schewenius, M.; Sendstad, M.; Seto, K.C. & Wilkinson, C. (eds) (2013), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, Springer.

European Commission (2009), *Libro bianco L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, COM (2009) 147 def.

European Commission (2013a), *Building a green infrastructure for Europe*, Pubblications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission (2013b), *Infrastrutture verdi - Rafforzare il capitale naturale in Europa / Green Infrastructure - Enhancing Europe's Natural Capital*, COM(2013) 249 final.

European Union (2011), *Cities of tomorrow - Challenges, visions, ways forward*, European Commission, Directorate General for Regional Policy.

Hansen, R. & Pauleit, S. (2014), "From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas", *Ambio*, vol. 43, n. 4, pp 516-529.

ISPRA (2010), *Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e periurbane. Analisi e proposte*, rapporto n.118.

Malcevschi, S. & Bisogni, G.L. (2016), "Infrastrutture verdi e ricostruzione ecologica in ambito urbano e periurbano / Green Infrastructures and ecological-reconstruction in urban and peri-urbanareas", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 11, FUP, Firenze University Press, Firenze. pp. 33-39.

Mussinelli, E.; Tartaglia, A.; Bisogni, L. & Malcevschi, S. (2018), "The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design", *Techne . Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 116-123.

Naumann, S.; McKenna, D.; Timo, K.; Mav, P. & Matt, R. (2011), *Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects, final report to the European Commission*, DG Environment, Ecologic institute and GHK Consulting.

Regione Lombardia (2013), *Tecniche e metodi per la realizzazione della Rete Ecologica Regionale*.

Sandström U.G. (2002), "Green Infrastructure Planning in Urban Sweden", *Planning Practice and Research*, 17:4, pp. 373-385.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011), *TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management.*

Timmeren, A. van & Henriquez, L. (2013), *ReciproCities: A dynamic equilibrium*, Delft University Press, Delft.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development (2014), *Investing in Natural Infrastructure*.

Nature-Based Solution

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Definizione

Con il termine *Nature Based Solution* (NBS) l'Unione Europea identifica soluzioni che mirano: «ad aiutare la società ad affrontare una varietà di sfide ambientali, sociali ed economiche in modo sostenibile. Sono azioni ispirate, supportate o copiate dalla natura; sia utilizzando che migliorando le soluzioni esistenti alle sfide, nonché esplorando soluzioni più innovative, ad esempio, imitando il modo in cui gli organismi e le comunità non umane affrontano gli estremi ambientali. Le soluzioni basate sulla natura utilizzano le caratteristiche e i complessi processi della natura, come la sua capacità di immagazzinare carbonio e regolare i flussi d'acqua, al fine di ottenere i risultati desiderati, come la riduzione del rischio di catastrofi e un ambiente che migliora il benessere umano e una crescita verde socialmente inclusiva» (European Commission, 2015, p. 5).

Le diverse declinazioni formulate nei documenti dell'Unione Europea sono in ogni caso concordi nel qualificare le NBS come soluzioni tecniche basate sulla natura, alternative a quelle tradizionali, che prendono spunto, appunto, dalle caratteristiche funzionali e dai complessi comportamenti degli organismi naturali per dare risposta a problematiche di tipo ambientale, ma anche sociale ed economico, concorrendo all'incremento della resilienza delle città, dei territori e delle comunità che li abitano. Inoltre, le NBS costituiscono una sorta di alternativa all'impiego delle risorse non rinnovabili, con approcci incentrati sui sistemi ecologici e connessi a idee quali: *Natural Systems Agriculture, Natural Solutions, Ecosystem-Based Approaches, Green Infrastructures* (GI) e *Ecological Engineering* (Eggermont et al., 2015).

Poiché quindi il termine NBS ha un significato molto ampio (*umbrella concept*), va evidenziato come esso assuma valenze e declinazioni diversificate in ragione dei differenti contesti e scale di utilizzo, soprattutto con riferimento a specifici ambiti scientifici e disciplinari. Ed è pertanto utile individuare alcuni elementi guida - obiettivi e caratteristiche di impiego - che orientano le diverse alternative o interpretazioni delle NBS.

In questa logica la Commissione Europea ha costituito un gruppo di lavoro di esperti che ha prodotto nel 2015 il rapporto intitolato *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities*. Si tratta di un documento che si è posto l'obiettivo di sistematizzare le opportunità derivanti dall'utilizzo di nuove modalità di progettazione, realizzazione e gestione che vedono nell'utilizzo della componente naturale uno strumento fondamentale a supporto di processi di rigenerazione urbana in un'ottica di resilienza e di sviluppo della *green economy*. Con riferimento alle valenze applicative esplicitate nelle principali strategie e politiche che vedono nel capitale naturale e nei servizi

Definition

With the term Nature Based Solution (NBS), the European Union identifies solutions that aim to: «help society to face a variety of environmental, social and economic challenges in a sustainable way. They are actions inspired, supported or copied by nature; both by using and improving existing solutions to challenges, as well as by exploring more innovative solutions, for example, by imitating how organisms and non-human communities deal with environmental extremes. Nature-based solutions use nature's complex characteristics and processes, such as its ability to store carbon and regulate water flows, in order to achieve the desired results, such as reducing the risk of disasters and an environment that improves the human well-being and socially inclusive green growth» (European Commission, 2015, p. 5).

The different definitions expressed in the European Union documents in any case qualify the NBS as technical solutions based on nature, alternatives to the traditional ones, which are inspired, in fact, by the functional characteristics and complex behaviors of natural organisms to face environmental, social and economic problems, increasing the resilience of cities, territories and communities. Furthermore, NBS are a sort of alternative to the use of non-renewable resources, with approaches focused on ecological systems and connected to ideas such as: Natural Systems Agriculture, Natural Solutions, Ecosystem-Based Approaches, Green Infrastructures (GI) and Ecological Engineering (Eggermont et al., 2015).

Since the term NBS has a very broad meaning (umbrella concept), it should be highlighted how it takes on different values and declinations due to the different contexts and scales of use, especially with reference to specific scientific and disciplinary fields. It is therefore useful to identify some guidelines - objectives and characteristics of use - that guide the different alternatives or interpretations of the NBS.

In this perspective, the European Commission has set up a working group of experts who produced in 2015 the report Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities. It is a document

that has set the objective of systematising the opportunities deriving from the use of new design, implementation and management methods which see the use of the natural component as a fundamental tool to support urban regeneration processes in a perspective of resilience and development of the green economy. With reference to the application values explained in the main strategies and policies that see natural capital and ecosystem services as the founding elements of new urban development models, NBS are identified as solutions that can contribute significantly to the recovery of degraded ecosystems, to mitigation climate change and improving risk management and resilience (European Commission, 2015).

In the Italian context, a significant contribution emerges in the document Towards the implementation of the Green Economy Manifesto for architecture and urban planning, developed by the Architecture Policy for Green Economy in Cities Working Group and presented on the occasion of the General States of the Green Economy 2017 (Antonini & Tucci, 2017). The NBS are considered priorities for the experimentation of innovative models capable of combining environmental needs with social and economic ones. In fact, through the use of NBS, both punctually, systemically and aggregately (to establish green and blue infrastructures), it is possible to provide concrete contributions «to cross-sectoral and multiscale strategies that take on environmental and landscape resources and components such as levers of socio-economic development, and the strengthening of governance tools of natural capital as the engine for an effective recomposition of the relationships between economic activities and the environment, also within innovative production chains» (Antonini and Tucci, 2017, p. 89).

The implications at the architectural scale, both the building artifacts and the non-built open spaces, can be very concrete and reach levels of performance not comparable with those achievable with the more traditional technical options. In addition to the brownfields, NBS can be applied for the redevelopment of public spaces, residual urban areas, unfinished building works, blind fronts of buildings, abandoned buildings and more generally for all the contexts where processes of urban regeneration are required. It is important to point out that the NBS are by their nature place-based, having to guarantee an adequate balance between the environmental performances offered and the weather-climatic and environmental characteristics of the intervention site. Therefore, by referring to the genesis of Italian "environmental design", they must guarantee a high level of "appropriateness", conceived above all as a design quality.

In the Italian context, environmental design, in its evolution, is based on a culture of sustainability aimed at safeguarding ecosystems and the environment. «However, the current inter-

ecosistemici gli elementi fondativi di nuovi modelli urbani di sviluppo, le NBS vengono individuate quali soluzioni che possono contribuire in modo significativo al recupero degli ecosistemi degradati, alla mitigazione del *climate change* e al miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (European Commission, 2015).

Nel contesto italiano un contributo significativo emerge nel documento *Verso l'attuazione del Manifesto della Green Economy per l'architettura e l'urbanistica*, elaborato dal Gruppo di lavoro *Policy dell'Architettura per la Green Economy nelle Città* e presentato in occasione degli Stati Generali della *Green Economy* 2017 (Antonini & Tucci, 2017). Qui le NBS sono considerate prioritarie per la sperimentazione di modelli operati innovativi in grado di coniugare le esigenze ambientali con quelle sociali ed economiche. Infatti, attraverso l'uso delle NBS, in modo sia puntuale, sia sistemico, sia aggregato (a formare infrastrutture verdi e blu), è possibile fornire contributi concreti «a strategie intersettoriali e multiscalari che assumano le risorse e le componenti ambientali e paesaggistiche quali leve dello sviluppo socio-economico, e il potenziamento degli strumenti di *governance* del capitale naturale quale motore di una efficace ricomposizione delle relazioni tra attività economiche e ambiente, anche entro filiere produttive innovative» (An-



Fig. 1 - Agenda di Ricerca e Innovazione in materia di Nature-Based Solutions e Rinaturazione delle città / *Research & Innovation Agenda on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities* (Source: European Commission, 2015: 7).

tonini & Tucci, 2017, p. 89).

Le ricadute alla scala architettonica per quanto concerne sia i manufatti edilizi che gli spazi aperti non costruiti possono essere molto concrete e raggiungere livelli di *performance* non paragonabili con quelli realizzabili con opzioni tecniche più tradizionali. Oltre che nei *brownfield*, le NBS si possono applicare per la riqualificazione degli spazi pubblici, delle aree urbane residuali, delle opere edilizie incompiute, dei fronti ciechi degli edifici, degli immobili abbandonati e più in generale in tutti i contesti per i quali siano necessari processi di rigenerazione urbana. È importante evidenziare che le NBS sono per loro natura *place based*, dovendo garantire un adeguato equilibrio tra prestazioni ambientali offerte e caratteristiche meteo-climatiche e ambientali del sito di intervento. Devono quindi, rimandando alla genesi della progettazione ambientale italiana, garantire un alto livello di "appropriatezza", intesa soprattutto come qualità progettuale.

In ambito italiano la progettazione ambientale, nella sua evoluzione, si è attestata su una cultura della sostenibilità orientata alla salvaguardia degli ecosistemi e dell'ambiente, «tuttavia l'attuale modello di intervento che si riferisce alle NBS supera gli approcci tradizionali […] per proporre soluzioni proattive che puntano al ripristino e alla rigenerazione degli equilibri ambientali in un'ottica di resilienza» (Mussinelli et al. 2018, p. 119).

Evoluzione del termine

L'origine del termine *Nature Based Solutions* - definito come l'insieme di soluzioni naturali capaci di esprimere contemporaneamente mitigazione e adattamento al cambiamento climatico e simultaneamente proteggere la biodiversità e migliorare in maniera sostenibile, le condizioni di vita (MacKinnon et al., 2008) - risale all'inizio degli anni Duemila per descrivere soluzioni tecniche atte a risolvere e attenuare criticità ambientali in ambito agronomico. In particolare nella gestione delle inondazioni nelle aree agricole, per la promozione e il potenziamento dell'agricoltura biologica e per interventi di rinaturalizzazione a seguito dell'utilizzo i pesticidi (Blesh & Barrett, 2006). Nello stesso periodo le NBS sono associate per la prima volta alla disciplina urbanistica come misure per la gestione del rischio idrico e la purificazione delle acque reflue (O'Hogain & McCarton, 2018).

Si tratta comunque di alcuni specifici casi, e non ancora di una prassi condiva e consolidata, per la quale bisogna attendere la pubblicazione del documento programmatico predisposto dall'*International Union for Conservation of Nature* IUCN nel 2012, nel quale si chiarisce che le NBS possono essere utilizzate per far fronte alle sfide derivanti dal *climate change*, per incrementare la produzione di energia pulita nonché, in generale, per contribuire allo sviluppo sostenibile della società. In particolare per la IUCN le NBS sono «azioni che affrontano le sfide della società in modo efficace e adattivo per proteggere, gestire in modo sostenibile e ripristinare ecosistemi naturali o modificati, fornendo allo stesso tempo benefici per la salute umana e la biodiversità».

Molto importante, nella letteratura, è la guida *The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*, redatta dal *Center for Neighborhood Technology* (CNT, 2010), nella quale si dimostrano le correlazioni tra l'utilizzo delle NBS e le ricadute positive da esse determinate nei territori nei quali sono attuate.

A partire dal 2015 l'Unione Europea assume le NBS come strumenti ineludibili

vention model referring to NBS surpasses the traditional approaches [...] proposing proactive solutions for restoring and regenerating environmental balances in a view of resilience» (Mussinelli et al. 2018, p. 119).

Evolution of the term

The origin of the term Nature Based Solutions - defined as the set of natural solutions able of at the same time expressing mitigation and adaptation to climate change, protecting biodiversity and improving living conditions in a sustainable manner (MacKinnon et al. 2008) - dates back to the early 2000s and it is used to describe technical solutions to solve and mitigate environmental criticalities in the agronomic field. In particular, in the management of floods in agricultural areas, for the promotion and strengthening of organic farming and for re-naturalization interventions following the use of pesticides (Blesh & Barrett, 2006).

In the same period the NBS are associated for the first time to the urban planning discipline as measures for the management of the water risk and the purification of the wastewater (O'Hogain & McCarton, 2018).

However, these are some specific cases, and not yet a conditional and consolidated practice, for which we must wait for the publication of the programmatic document prepared by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) in 2012, in which it is clarified that NBS can be used to face the challenges deriving from the climate change to increase the production of clean energy as well as, in general, to contribute to the sustainable development of the society. In particular for the IUCN the NBS are «actions that address the challenges of society in an effective and adaptive way to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems, while providing benefits for human health and biodiversity».

In the literature, the guide The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits, prepared by the Center for Neighborhood Technology (CNT, 2010), is very important as well, demonstrating the correlations between the use of NBS and the positive effects that they determine in the territories in which they are implemented.

Since 2015, the European Union has been assuming the NBS as unavoidable tools for the definition of community policies aimed at sustainable enhancement of urban and metropolitan areas, restructuring of degraded eco-systems, combating climate change and improving risk management in resilience practices (EC, 2015).

At the urban and building scale, the use of NBS means, therefore, giving an operational and applicative value to the

different strategies and policies that identify the "natural capital" and ecosystem services as the founding elements of the new urban models. In particular, NBS, if properly used, can contribute to pursuing objectives such as: increasing the sustainability of urban systems; the recovery of degraded ecosystems; mitigation with respect to climate change: the improvement of risk management and resilience (European Commission, 2015). With respect to these priority objectives, the aforementioned working group of the European Commission defines seven research and innovation actions based on the application of NBS: 1) urban regeneration; 2) improve well-being in urban contexts; 3) increase the resilience of coastal systems; 4) management of river basins and restoration of ecosystems; 5) increase the sustainability in the use of materials and energy; 6) enhance the "insurance value" of ecosystems; 7) increase carbon capture in the air.

Within the environmental technological design, the NBS are therefore an important opportunity, which also implies the adoption of natural elements, to pursue the objectives of sustainability and resilience of the projects. In particular, the NBS represent an enrichment of the instrumental equipment available for the regeneration and generation of building, urban and territorial systems.

per la definizione di politiche comunitarie orientate alla valorizzazione sostenibile degli ambiti urbani e metropolitani, alla ristrutturazione di eco-sistemi degradati, al contrasto del cambiamento climatico e al miglioramento della gestione del rischio nelle pratiche di resilienza (EC, 2015).

Alla scala urbana ed edilizia, utilizzare le NBS significa, quindi, dare una valenza operativa e applicativa alle diverse strategie e politiche che individuano nel "capitale naturale" e nei servizi ecosistemici gli elementi fondativi dei nuovi modelli urbani. In particolare, le NBS, se correttamente utilizzate, possono contribuire a perseguire obiettivi quali: l'incremento della sostenibilità dei sistemi urbani; il recupero degli ecosistemi degradati; la mitigazione rispetto al *climate change:* il miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (European Commission, 2015). Rispetto a questi obiettivi prioritari, il già citato gruppo di lavoro della Commissione Europea definisce sette azioni di ricerca e innovazione basate sull'applicazione delle NBS: 1) rigenerazione urbana; 2) migliorare il benessere nei contesti urbani; 3) aumentare la resilienza dei sistemi costieri; 4) gestione dei bacini idrografici e ripristino degli ecosistemi; 5) aumento della sostenibilità nell'uso dei materiali e dell'energia; 6) valorizzare il "valore assicurativo" degli ecosistemi; 7) aumentare la cattura del carbonio nell'aria.

All'interno della progettazione tecnologica ambientale, le NBS sono quindi una importante opportunità, che presuppone anche l'adozione di elementi naturali, per perseguire obiettivi di sostenibilità e resilienza delle proposte progettuali. In particolare le NBS rappresentano un arricchimento dell'armamentario strumentale a disposizione per le azioni di rigenerazione e generazione dei sistemi edilizi, urbani e territoriali.

References

Antonini, E. & Tucci, F. (eds) (2017), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green economy per l'architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano.

Blesh, J.M. & Barrett, G.W. (2006), "Farmers' Attitudes Regarding Agrolandscape Ecology: A Regional Comparison", *Journal of Sustainable Agricultur*e, n. 28(3)l, pp.121-143.

CNT (Center for Neighborhood Technology), (2010), *The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*, Pubblications of the CNT.

Eggermont, H. et al. (2015), "Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe", *GAIA*, 24/4, pp. 243-248.

European Commission, (2015), *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*, Final Report of the Horizon 2020 Expert Group.

European Environment Agency (2011), *Green Infrastructure and territorial cohesion*, Publications Office of the European Union.

IUCN (International Union for Conservation of Nature), (2009), *No time to lose: Make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime*. Position paper on the Fifteenth session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 15). Gland, CH: IUCN.

MacKinnon, K., C. Sobrevila, V., Hickey (2008), *Biodiversity, climate change and adaptation: Nature-based solutions from the Word Bank portfolio*. Washington, D. C., World Bank.

Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. & Malcevschi, S. (2018), "Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano / The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 116-123.

O'Hogain, S. & McCarton, L. (2018), *A technology Portfolio of Nature Based Solutions: innovations in water,* Springer International Publishing.

Servizi ecosistemici
Ecosystem Services

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Definizione

Con il termine *servizi ecosistemici* si intendono le azioni e i processi naturali che incidono direttamente o indirettamente sulla qualità della vita dell'uomo e più in generale di tutte le specie. Il *Millenium Ecosystem Assessement*, la sistematizzazione ad oggi più ampia e avanzata in materia di ecosistemi, elaborata da circa un migliaio di scienziati per conto delle Nazioni Unite, li definisce come «i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano» (MEA, 2005). L'attività di ricerca che si è sviluppata tra il 2001 e il 2005 partiva dall'assunto che gli esseri umani siano parte integrante degli ecosistemi e che le interazioni con gli ecosistemi e i loro cambiamenti abbiano una diretta corrispondenza con lo stato di benessere della popolazione; tutto ciò pur riconoscendo con chiarezza che l'importanza dei sistemi ecologici non è solo da valutarsi rispetto al benessere della componente umana.

Funzioni ecosistemiche / *Ecosystem functions*	**Servizi ecosistemici / *Ecosystem services***
Supporto alla vita / *life support*	ciclo dei nutrienti / *nutrient cycle* formazione del suolo / *soil formation* creazione di ossigeno / *creation of oxygen* produzione di beni primari / *production of primary goods*
Regolazione / *regulation*	regolazione dei gas /*gas regulation* regolazione del clima / *climate regulation* regolazione delle acque / *water regulation* regolazione dell'erosione / *erosion regulation* regolazione dei dissesti idrogeologici / *regulation of hydrogeological instability* regolazione dell'impollinazione / *pollination regulation* regolazione della biodiversità / *biodiversity regulation*
Approvvigionamento / *supply*	cibo / *food* materie prime / *raw material* acqua dolce / *fresh water* variabilità biologica / *biological variability*
Culturali / *Cultural*	ispirazione per cultura, arti, valori educativi e spirituali, senso di identità / *inspiration for culture, arts, educational and spiritual values, sense of identity* valori estetici / *aesthetic values* valori ricreativi / *recreational values*

Tab. 1 - Funzioni ecosistemiche e servizi ecosistemici / *Ecosystem functions and Ecosystem services* (Source: MEA, 2005).

Definition

The expression ecosystem services refers to natural actions and processes that directly or indirectly affect the quality of the human life and more in general of all the species.

The Millenium Ecosystem Assessment (MEA) is today the most extensive systematization in the field of ecosystems. It is developed by about a thousand scientists on behalf of the United Nations, and it defines ecosystem services as «the multiple benefits provided by ecosystems to the human kind» (MEA, 2005).

The research activity developed between 2001 and 2005 started from the assumption that human beings are an integral part of ecosystems, as well as that the interactions with ecosystems and their changes directly affect the well-being of the population. At the same time, recognizing that the importance of ecological systems cannot be assessed only with respect to the well-being of the human component.

The research activity, carried out through a detailed analysis of the scientific literature and of the databases and models developed in other researches, led to the macro-classification of the ecosystem functions, organized according to an interpretative scheme that is still a standard layout providing four categories: supporting services (services necessary for the production of other ecosystem services); regulating services (the services that determine direct and even indirect benefits for the humankind); provisioning services (services of supply of resources produced by natural and seed-natural ecosystems); cultural services (functions that contribute to good human health through cognitive, spiritual, recreational and aesthetic experiences).

The activity of the Millennium Ecosystem Assessment Board was not aimed at simple classification, but at developing a useful tool to support decision-making processes by identifying priorities, defining useful benchmarks to evaluate the results of choices and to guide research, planning and implementation processes. For this reason, the main forces capable of impacting ecosystem services and human wellbeing, both indirect and direct, have also been identified. Among these, one of the most

significant elements is certainly the use of the land.

Confirming the interest of the scientific community in the development of tools addressed to political decision-makers and following the growing awareness of the direct relationship between economy and natural capital, the classification of ecosystem services has been also faced in the TEEB (2010) and in the Common International Classification of Ecosystem Services developed by the European Environmental Agency (Haines-Young & Potschin, 2013).

Another important scientific reference in the field of ecosystem services is certainly the work of Costanza (Costanza et al., 1997) which has also estimated in economic terms the total value of the services produced by ecosystems on the planet (Malcevschi & Bisogni, 2016). Studies also taken up in recent years, with further research and initiatives, oriented to the development and promotion of payment and remuneration mechanisms for these services (Wunder et al., 2008; Wunder, 2015; Santolini, 2018). Also the Italian legislator, with the Law 221/2015[1] article 70 "Delegation to the Government for the introduction of remuneration systems for ecosystem and environmental services", focuses on the issue of economic quantification of ecosystem and environmental services (PSEA)[2]. In particular, it defines some directive criteria to which the Government must comply in the formulation of the subsequent legislative decrees[3]. The payment of ecosystem services can therefore

L'attività di ricerca, svolta attraverso una dettagliata analisi della letteratura scientifica e dei database e dei modelli sviluppati in altre ricerche, ha portato alla macro classificazione delle funzioni ecosistemiche, organizzate secondo uno schema interpretativo che è tuttora uno *standard* in materia e che prevede quattro categorie: *supporto alla vita*, ossia quei servizi necessari per la produzione degli altri servizi ecosistemici; *regolazione*, intesa come la funzione che raccoglie i servizi che determinano benefici diretti ed anche indiretti per l'uomo; *approvvigionamento*, la funzione che raccoglie i sevizi di fornitura delle risorse prodotte dagli ecosistemi naturali e semini-naturali; *culturali*, ossia quelle funzioni che contribuiscono alla buona salute umana attraverso esperienze cognitive, spirituali, ricreative ed estetiche. L'attività del *Millennium Ecosystem Assessment Board* non era finalizzata alla semplice classificazione, ma a sviluppare uno strumento utile per supportare i processi decisionali identificando le priorità di azione, definendo dei benchmark utili per valutare gli esiti delle scelte e a guidare la ricerca, i processi pianificatori e quelli attuativi. Per tale ragione sono state identificate anche le principali forze in grado di impattare sui servizi ecosistemici e sul benessere umano, sia indirette che dirette. Tra queste sicuramente uno degli elementi maggiormente significativi è rappresentato dall'uso del suolo.

A conferma dell'interesse della comunità scientifica allo sviluppo di strumenti destinati ai decisori politici e della crescente consapevolezza del diretto rapporto dell'economia dal capitale naturale, la classificazione dei servizi ecosistemici è stata ripresa in epoca recente anche nel *TEEB* (2010) e nella *Common Interna-*

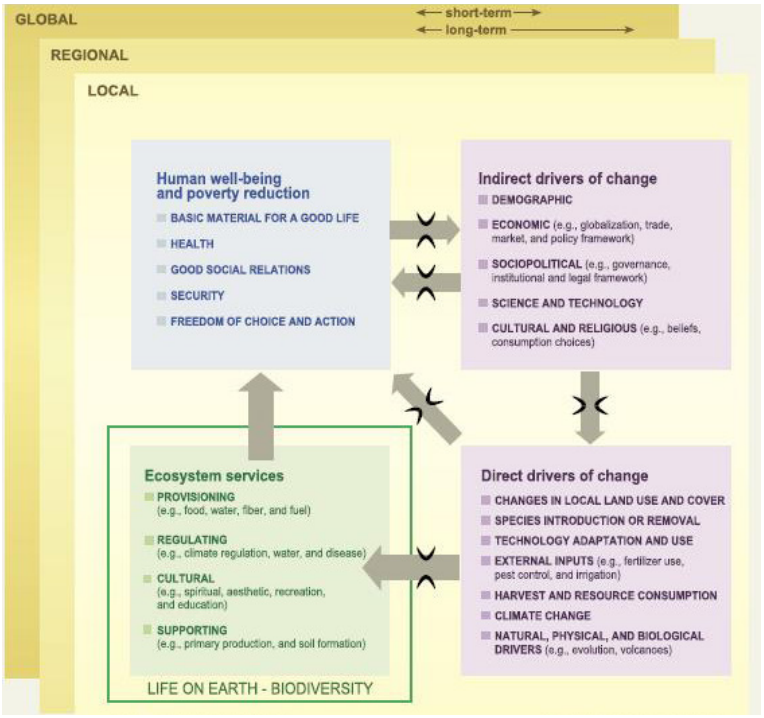


Fig. 1 - Relazioni tra benessere umano, servizi ecosistemici e *driver* del cambiamento */ Relations between human well-being, ecosystem services and drivers of change* (Source: MEA, 2005).

1 *Law 28th of December 2015, n. 221 "Environmental provisions to promote green economy measures and to contain the excessive use of natural resources".*

2 *Also referred to as PES (Payment for Ecosystem Services).*

3 *Principles and guiding criteria defined in article 70, paragraph 2 of Law 221/2015: a) provide that the PSEA system is defined as remuneration for a share of added value deriving, according to negotiating mechanisms, from the transformation of ecosystem and environmental services into market products, in the logic of the direct transaction between consumer and producer, without prejudice to the safeguard over time of the collective function of the good; b) provide for the PSEA system to be activated, in particular, in the presence of a public grant assignment of a naturalistic asset of common interest, which must maintain or increase its functions; c) provide that in the definition of the PSEA system the services subject to remuneration, their value, as well as the related contractual obligations and the payment methods are specifically identified; d) provide for the following services to be remunerated in any case: setting up of forest carbon and state-owned, collective and private wood arboriculture; water regulation in mountain*

tional Classification of Ecosystem Services sviluppata dall'Agenzia Ambientale Europea (Haines-Young & Potschin, 2013).

Un ulteriore importante riferimento scientifico in materia di servizi ecosistemici è sicuramente il lavoro di Costanza (Costanza et al., 1997) che ha stimato anche in termini economici il valore totale dei servizi prodotti dagli ecosistemi sul pianeta (Malcevschi & Bisogni, 2016). Studi ripresi in anni recenti con ulteriori ricerche e iniziative, in particolare orientate allo sviluppo e alla promozione di meccanismi di pagamento e remunerazione di tali servizi (Wunder et al., 2008; Wunder, 2015; Santolini, 2018). Anche il legislatore italiano, con l'articolo 70 "Delega al Governo per l'introduzione di sistemi di remunerazione dei servizi ecosistemici e ambientali" della L. 221/2015[1] ha posto l'attenzione al tema della quantificazione economica dei servizi ecosistemici e ambientali (PSEA),[2] definendo alcuni criteri direttivi a cui il Governo deve attenersi nella formulazione dei successivi decreti legislativi[3]. Il pagamento dei servizi ecosistemici può quindi essere un efficace metodo per garantire contemporaneamente elevati livelli di salvaguardia delle risorse naturali e qualità del paesaggio, e adeguati ricavi per i fornitori di servizi.

1 Legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali".

2 Anche definiti PES (*Payment for Ecosystem Services*).

3 Principi e criteri direttivi definiti all'articolo 70, comma 2 della L. 221/2015: a) prevedere che il sistema di PSEA sia definito quale remunerazione di una quota di valore aggiunto derivante, secondo meccanismi di carattere negoziale, dalla trasformazione dei servizi ecosistemici e ambientali in prodotti di mercato, nella logica della transazione diretta tra consumatore e produttore, ferma restando la salvaguardia nel tempo della funzione collettiva del bene; b) prevedere che il sistema di PSEA sia attivato, in particolare, in presenza di un intervento pubblico di assegnazione in concessione di un bene naturalistico di interesse comune, che deve mantenere intatte o incrementare le sue funzioni; c) prevedere che nella definizione del sistema di PSEA siano specificamente individuati i servizi oggetto di remunerazione, il loro valore, nonché i relativi obblighi contrattuali e le modalità di pagamento; d) prevedere che siano in ogni caso remunerati i seguenti servizi: fissazione del carbonio delle foreste e dell'arboricoltura da legno di proprietà demaniale, collettiva e privata; regimazione delle acque nei bacini montani; salvaguardia della biodiversità delle prestazioni ecosistemiche e delle qualità paesaggistiche; utilizzazione di proprietà demaniali e collettive per produzioni energetiche; e) prevedere che nel sistema di PSEA siano considerati interventi di pulizia e manutenzione dell'alveo dei fiumi e dei torrenti; f) prevedere che sia riconosciuto il ruolo svolto dall'agricoltura e dal territorio agroforestale nei confronti dei servizi ecosistemici, prevedendo meccanismi di incentivazione attraverso cui il pubblico operatore possa creare programmi con l'obiettivo di remunerare gli imprenditori agricoli che proteggono, tutelano o forniscono i servizi medesimi; g) coordinare e razionalizzare ogni altro analogo strumento e istituto già esistente in materia; h) prevedere che beneficiari finali del sistema di PSEA siano i comuni, le loro unioni, le aree protette, le fondazioni di bacino montano integrato e le organizzazioni di gestione collettiva dei beni comuni, comunque denominate; i) introdurre forme di premialità a beneficio dei comuni che utilizzano, in modo sistematico, sistemi di contabilità ambientale e urbanistica e forme innovative di rendicontazione dell'azione amministrativa; j) ritenere precluse le attività di stoccaggio di gas naturale in acquiferi profondi.

be an effective method to simultaneously guarantee high levels of protection of natural resources and landscape quality, and adequate revenues for service providers.

Evolution of the term

The most important international institutions, such as the European Union and the United Nations, have been promoting and encouraging the use of ecosystem services for several years to foster the growth and the well-being of the society. Through the construction of policies, strategies and actions that identify ecosystem services as fundamental prerequisites for every economic and social activity carried out by the humankind.

Starting in 2013, the European Commission is providing direct support to Member States for the process of mapping and evaluating ecosystem services. Using the MAES tool (mapping and evaluation of ecosystems and their services), it proposes a classification in natural and semi-natural infrastructures (green and blue infrastructures) and quantifies the benefits with respect to the territorial scale of application (mesoscale and microscale) (EC, 2013).

As far as the project disciplines are concerned, the work prepared by a European group of experts aimed at defining a framework for evaluating the impacts of the use of NBS (Eklipse, 2017) in urban planning and projects is significant. Through the collaboration of the Directorate General for Research and

basins; safeguarding biodiversity of ecosystem performance and landscape quality; use of state and collective property for energy production; e) provide for the cleaning and maintenance of the riverbed of the rivers and streams to be considered in the PSEA system; f) to foresee that the role played by agriculture and the agroforestry territory with respect to ecosystem services is recognized, providing incentive mechanisms through which the public operator can create programs with the aim of remunerating farmers who protect, protect or provide same services; g) coordinate and rationalize any other similar instrument and institute already existing on the subject; h) to foresee that the final beneficiaries of the PSEA system are the municipalities, their unions, the protected areas, the integrated mountain basin foundations and the collective management organizations of the common assets, however named; i) to introduce forms of rewarding for the benefit of municipalities that systematically use environmental and urban accounting systems and innovative forms of administrative action reporting; j) consider natural gas storage activities in deep aquifers to be precluded.

Innovation (EC, 2016) and taking note of the recent revisions in the scientific literature (Kabisch et al., 2016), they defined ten "challenges" in which the contribution of the NBS is strategic. In summary, they refer to: adaptation and mitigation to the climate change; water management; coastal resilience; management of green spaces (with the inclusion of the enhancement / conservation of biodiversity in urban areas); air quality; urban regeneration; participatory planning and governance; social justice and social cohesion; public health and wellbeing; potentialities for the development of the green economy (businesses and workers).

Evoluzione del termine

Le più importanti istituzioni internazionali, come Unione Europea e Nazione Unite, da diversi anni stanno promuovendo e incentivando l'utilizzo dei servizi ecosistemici per favorire la crescita e il benessere della società. Attraverso la costruzione di politiche, strategie e azioni che individuano i servizi ecosistemici come prerequisiti fondamentali ad ogni attività economica e sociale svolta dall'uomo. A partire dal 2013 la Commissione Europea sta fornendo un supporto diretto agli Stati membri per il processo di mappatura e valutazione dei servi ecosistemici. Utilizzando lo strumento MAES (mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi), viene proposta una classificazione in infrastrutture naturali e semi naturali (infrastrutture verdi e blu) e una quantificazione dei benefici apportati rispetto alla scala territoriale di applicazione (mesoscala e microscala) (EC, 2013).

Per quanto riguarda le discipline del progetto, è significativo il lavoro predisposto da un gruppo europeo di esperti orientato alla definizione di un quadro di valutazione degli impatti dell'utilizzo delle NBS (Eklipse, 2017) nella pianificazione e nei progetti urbani. Avvalendosi della collaborazione della Direzione generale ricerca e innovazione (EC, 2016) e prendendo atto delle recenti revisioni nella letteratura scientifica (Kabisch et al., 2016) sono state individuate dieci "sfide" nelle quali l'apporto delle NBS risulta strategico in chiave di servizi ecosistemici. Sinteticamente, tali sfide sono riferite all'adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici; alla gestione delle acquee; alla resilienza costiera; alla gestione degli spazi verdi (con l'inclusione della valorizzazione / conservazione della biodiversità in ambito urbano); alla qualità dell'aria e degli ambienti; alla rigenerazione urbana; alla pianificazione e *governance* partecipate; alla giustizia sociale e coesione sociale; alla salute e benessere pubblici; e al potenziale per lo sviluppo della green economy (imprese e lavoratori).

References

Costanza, R., Darge, R., Degroot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Robert G. Raskin, R.G., Sutton P. & van den Belt, M. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, vol. 387, issue 6630, pp. 253-260.

Eklipse, (2017). *EU renewable energy policies, global biodiversity, and the UN SDGs.* A report of the EKLIPSE project*,* Published by Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom.

European Commission, (2013), *Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*, Technical Report - 2013 - 067. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission, (2016). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU*, Technical Report - 2018 - 001, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013), *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*, Report to the European Environment Agency.

Kabisch, N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S., Davis M., Artmann M., Haase D., Knapp S., Korn H., Stadler J., Zaunberger K., & Bonn A., (2016). "Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action", *Ecology and Society,* 21(2):39, available at http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239

Malcevschi, S. & Bisogni, G.L. (2016), "Infrastrutture verdi e ricostruzione ecologica in ambito urbano e periurbano / Green Infrastructures and ecological reconstruction in urban and peri-urban areas", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 11, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 33-39.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.

Santolini, R. (2018), "Resilienza e servizi ecosistemici nel quadro del cambiamento climatico", *Le valutazioni ambientali*, n.1, Le Penseur, pp. 77-90.

TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: mainstreaming the economics of nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.

Wunder, S. (2015), "Revisiting the concept of payments for environmental services", *Ecological Economica*, n. 117, pp. 234-243.

Wunder, S., Engel, S., & Pagiola, S. (2008), "Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries", *Ecological Economics*, 65(4), pp. 834-852.

Approccio bioclimatico
Bioclimatic Approach

Valeria Cecafosso, *Sapienza Università di Roma*
Domenico D'Olimpio, *Sapienza Università di Roma*

Premessa e cenni storici

La concettualizzazione dell'"approccio bioclimatico" alla progettazione edilizia, nell'ambito della letteratura scientifica, trova una prima e specifica formalizzazione negli anni sessanta, soprattutto conseguentemente alla spinta e all'influenza di innovativi studi condotti da V. Olgyay[1] e B. Givoni[2] , benché specifiche indicazioni circa l'importanza degli approcci progettuali basati sullo studio dell'interazione tra architettura e clima, risalgano all'opera di Vitruvio "De Architectura", trattato scritto nel II sec. D.C. (libro primo: "la scelta dei luoghi salubri", "L'orientamento della rete viaria rispetto alla direzione dei venti"; libro sesto: "L'edilizia privata in relazione a climi e latitudini") e, nel corso del XX secolo, siano state illustrate e sottolineate da architetti quali W. Gropius[3], F.L. Wright (nelle "*Usonian House*", dove ci si basa su un alternativo sistema di sfruttamento dell'energia solare e dei moti convettivi dell'aria per il condizionamento invernale ed estivo dell'edificio) e, in Italia, teorizzate da studiosi come G. Vinaccia[4] e G. Rigotti[5]. In tempi più recenti, l'"approccio bioclimatico" alla progettazione edilizia, nel nostro Paese è stato ridefinito, implementato e sviluppato secondo specifiche direzioni operative e di ricerca, attraverso il fondamentale contributo della disciplina della Tecnologia dell'Architettura e della Progettazione Ambientale, sostenuto da studiosi

Historical introduction

In scientific literature "bioclimatic approach" to construction design finds a first and specific formalization in the 1960s, especially as a result of innovative studies conducted by V. Olgyay[1] and B. Givoni[2], although specific indications about the importance of design approaches based on the study of the interaction between architecture and climate, date back to the work of Vitruvio "De Architectura", written in the II. D.C. (first book: "The choice of healthy places", "The orientation of the road network with respect to the direction of the winds"; book sixth: "Privatehousing in relation to climates and latitudes") and, during the 20th century, they were illustrated and emphasized by architects such as W. Gropius[3], F.L. Wright (in the "Usonian House", where its used alternative solar energy system and convective air motions for the winter and summer building condition) and, in Italy, theorized by accademics such as G.

1 Victor Olgyay (1910 - 1970) è stato un architetto, urbanista e pioniere dell'approccio bioclimatico all'architettura. Professore alla School of Architecture and Urbanism dell'Università di Princeton fino al 1970, svolge studi e ricerche sulle relazioni tra architettura, clima ed energia. Autore di vari testi precursori dell'approccio bioclimatico in architettura, tra cui "Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism" (1963), University Press, Princeton.

2 Baruch Givon, architetto israeliano, con la pubblicazione, nel 1969, del libro "Man, Climate and Architecture (Elsevier, Amsterdam), approfondisce in maniera innovativa il rapporto tra comfort umano, clima e architettura .

3 Walter Gropius, nel testo "The Scope of a Total Architecture", Harper & Row, New York, 1958 (trad.it. Architettura integrata", Mondatori, Milano, 1959), affronta il tema del soleggiamento "ecocompatibile".

4 Gaetano Vinaccia (1889-1971) è stato autore di innovativi studi, per l'epoca, sull'insolazione negli ambienti urbani, tra i quali spicca il libro "Il corso del sole in urbanistica ed edilizia" (1939), che lo fece conoscere a livello internazionale.

5 Giorgio Rigotti, nel testo "Urbanistica, la tecnica" (1947), approfondisce e fa una disamina scientifica del rapporto tra edifici e soleggiamento.

1 Victor Olgyay (1910 - 1970) was an architect, urban planner and pioneer of the bioclimatic approach to architecture. Professor at the School of Architecture and Urbanism of the University of Princeton until 1970, he conducts studies and research on the relationships between architecture, climate and energy. Author of various precursors of the bioclimatic approach in architecture, including "Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism"(1963), University Press, Princeton..

2 Baruch Givoni, Israeli architect, with the publication, in 1969, of the book "Man, Climate and Architecture (Elsevier, Amsterdam), explores in an innovative way the relationship between human comfort, climate and architecture.

3 Walter Gropius, in the text "The Scope of a Total Architecture", Harper & Row, New York, 1958 deals with the theme of "eco-friendly" solar radiation.

Vinaccia[4] and G. Rigotti[5]. In more recent times, the bioclimatic approach to building design in our country has been redefined, implemented and developed according to specific operational and research directions, through the fundamental contribution of the discipline of Architecture Technology and Environmental Design, supported by scholars such as V. Cangemi[6], S. Dierna[7] and others.

Despite important studies aimed at confirming and enhancing bioclimatic approach importance in architectural and urban design, defining its principles and particular characteristics, for many years design approaches continuing to be and build in an insensitive way to such instances and approaches: «no one would dare to think of building a building without the necessary static control. Yet we are not yet convinced of the usefulness of design taking into account the parameters of well-being in general and thermal one in particular [...] It is still planned and built without worrying, for example, about the noises and climatic events to which the building will be subjected. You have unlimited confidence in the spirit of endurance from the test of neurosis of the average user and trusts in the decisive capabilities of the plant»(D. Del Bino, 1983).

*Nowadays, the awareness of the environmental consequences (climate change, depletion of non-renewable energy resources, etc.) to which this cultural attitude has progressively led, has led to the definition of EU-level regulations (widely implemented by the various countries) that place important constraints on the design of new building projects and urban regeneration renovations and pre-existing building. The "bioclimatic approach" has therefore been re-evaluated and recharcome V. Gangemi[6], S. Dierna[7] e altri.

Nonostante la formalizzazione di importanti studi tesi a confermare e valorizzare l'importanza dell'approccio bioclimatico nella progettazione architettonica e urbanistica, definendone i principi e le caratteristiche peculiari, per molti anni si è continuato a progettare ed edificare in maniera poco sensibile a tali istanze e approcci: «nessuno si azzarderebbe soltanto a pensare di costruire un edificio senza il necessario controllo statico. Eppure non si è ancora convinti della utilità di progettare tenendo conto dei parametri del benessere in generale e di quello termico in particolare [...] Si progetta e si costruisce ancora senza preoccuparsi ad esempio dei rumori e delle vicende climatiche alle quali l'edificio verrà assoggettato. Si ha una fiducia illimitata nello spirito di sopportazione da prova di nevrosi dell'utente medio e si confida nelle capacità risolutive dell'impianto» (D. Del Bino, 1983).

Attualmente, la presa di coscienza delle conseguenze, di ordine ambientale (cambiamenti climatici, esaurimento delle risorse energetiche non rinnovabili, ecc.) alle quali ha progressivamente condotto questo atteggiamento culturale, ha portato alla definizione di normative di livello comunitario (recepite diffusamente dai vari Paesi) che pongono importanti vincoli alla progettazione delle nuove realizzazioni edilizie e degli interventi di ristrutturazione di rigenerazione urbana e dell'edificato preesistente. L'"approccio bioclimatico", è stato quindi rivalutato e ricaricato di nuove e importanti valenze in funzione degli obiettivi di contrasto ai cambiamenti climatici in corso, al centro dei quali, la tematica energetica riferita al contesto costruito, riveste un ruolo fondamentale e sostanziale, soprattutto in relazione al fatto che "L'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia della Comunità. Essendo questo un settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le sue emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare" (premessa alla Direttiva 2002/91 CE del Parlamento Europeo sul rendimento energetico nell'edilizia[8]).

Caratteristiche peculiari dell'approccio bioclimatico

Le caratteristiche sostanziali dell'approccio bioclimatico nella progettazione edilizia ed urbana possono essere fondamentalmente enunciate in quattro punti, reinterpretando e ampliando quanto già definito da V. Olgyay (op. cit. in nota), secondo la sequenza clima → biologia → tecnologia:

- Studio e analisi del contesto e degli elementi climatici della specifica regione/località oggetto di intervento, con definizione delle caratteristiche annuali e stagionali delle componenti climatico-ambientali, quali soleggiamento, ventilazione, umidità dell'aria, temperatura (Tab. 1). Più in particolare occorre considerare gli effetti delle citate componenti ambientali così come modificati a livello

4 *Gaetano Vinaccia (1889-1971) was the author of innovative studies, for the time, on insolation in urban environments, among which the book "the course of the sun in urban planning and construction" (1939), which made him known internationally.*

5 *Giorgio Rigotti, in the text "Urban planning, technique"(1947), deepens and makes a scientific examination of the relationship between buildings and solar radiation.*

6 *Virginia Cangemi, full professor at the Faculty of Architecture of the University of Naples Federico II, was, among the many institutional positions, coordinator of the PhD in "Technology and Representation of architecture and the Environment" of the University of Naples Federico II (from 1992 to 2006) and President of the Naples section of the National Institute of Bioarchitecture (INBAR)*

7 *Salvatore Dierna, was full professor at the Faculty of Architecture of the Sapienza University of Rome, founder and coordinator of the PhD in Environmental Design.*

6 Virginia Gangemi, professore ordinario presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, è stata, tra i molteplici incarichi istituzionali, coordinatore del Dottorato di ricerca in "Tecnologia e Rappresentazione dell'architettura e dell'Ambiente" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II (da 1992 al 2006) e Presidente della sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Bioarchitettura (INBAR)

7 Salvatore Dierna, è stato professore ordinario presso la Facoltà di Architettura della Sapienza Università di Roma, fondatore e coordinatore del Dottorato di Ricerca in Progettazione Ambientale

microclimatico. Le interazioni tra i parametri climatici di livello mesoclimatico e topoclimatico con le specificità dei contesti locali e antropizzati, anche correlate al loro assetto biofisico, definiscono particolari e specifiche condizioni microclimatiche per le quali occorre attenta valutazione e considerazione in sede di metaprogettuale e di progettazione specifica.

- Valutazione "biologica" degli effetti del microclima sulle sensazioni umane e valutazione energetica circa gli effetti delle caratteristiche ambientali di ordine microclimatico sul comportamento energetico degli edifici. Dalla prima valutazione è possibile ricavare, utilizzando specifici strumenti quali ad esempio il "diagramma bioclimatico", specifiche "diagnosi" del contesto di intervento dalle quali trarre indicazioni per l'individuazione, in sede progettuale, delle necessarie misure per stabilire e/o ristabilire le condizioni di comfort ambientale.
- Ricerca e definizione delle soluzioni di "progettazione tecnologica" finalizzate ad ottimizzare gli effetti microclimatici vantaggiosi e minimizzare/mitigare quelli svantaggiosi e maggiormente problematici. Tale ricerca progettuale che fa riferimento anche a specifiche metodologie e strumentazioni di calcolo, vede in gioco fattori e parametri quali l'orientamento degli edifici e delle superfici edilizie, la valutazione degli effetti del soleggiamento e degli effetti di ombreggiamento in rapporto al contesto edilizio di progetto, la valutazione delle conseguenze energetiche della forma e della morfologia degli edifici (influenza dei rapporti Superficie/Volume, S/V, ecc.), individuazione degli effetti dell'interazione tra flussi di ventilazione e lo specifico contesto di intervento e di progetto, l'interazione tra i materiali da costruzione e i parametri microclimatici (soleggiamento, temperatura, ecc.); l'individuazione di tecnologie eco-compatibili ed ecoefficienti (Fig. 2).

COMPONENTI CLIMATICO -AMBIENTALI	FATTORI MICROCLIMATICI	FATTORI BIOFISICI
SOLEGGIAMENTO	• Inclinazioni ed azimut solari per le differenti ore e per i differenti periodi oggetto di analisi • Ore di soleggiamento per il sito specifico nei differenti periodi di analisi • Valori dell'intensità radiativa relativi al sito specifico per i differenti periodi dell'anno • Valori di temperatura (min., max., medi)	• Latitudine del sito • Natura del suolo e caratteristiche fisico-costitutive del supporto pedologico • Caratteristiche altimetriche e orografiche • Caratteri vegetazionali
VENTILAZIONE	• Direzione di provenienza dei venti prevalenti e/o persistenti nei differenti periodi stagionali • Velocità dei venti nella zona per i differenti periodi stagionali (inverno/estate)	• Tipo di rugosità del suolo nel sito (coeff. di rugosità) e nell'immediato intorno ambientale di riferimento • Caratteristiche altimetriche e orografiche
UMIDITA'	• Umidità relativa dell'aria nella zona di riferimento nei diversi periodi stagionali (inverno/estate) • Pluviometria del sito di riferimento	• Presenza di specchi e corsi d'acqua (reticolo idrografico superficiale) • Linee di deflusso delle acque superficiali • Caratteristiche di copertura del suolo

Tab. 1 - Tabella dei parametri e fattori ambientali preliminari per l'elaborazione delle analisi ambientali correlate all'approccio bioclimatico / *Table of preliminary environmental parameters and factors for environmental analyzes processing related to the bioclimatic approach* (D'Olimpio, 2017).

ged with new and important values in line with the objectives of combating climate change, at the heart of which, the energy issue related to the built context, plays a fundamental and substantial role, especially in relation to the fact that "The energy used in the residential and tertiary sector, composed for the majority of buildings, represents more than 40% of the final energy consumption of the Community. As this is an expanding sector, its energy consumption and therefore its carbon dioxide emissions are set to increase" (pre-2002/91 EC directive of the European Parliament on energy efficiency in construction).

Special features of the "bioclimatic approach"

The substantive features of the bioclimatic approach in construction and urban design can be basically stated in four points, reinterpreting and expanding what V. Olgyay has already defined (op. cit. in note), according to the climate sequence: biology and technology::

1. *Study and analysis of the context and climatic elements of the specific region/location being interviewed, with the definition of the annual and seasonal characteristics of climate-environmental components, such as sunbathing, ventilation, air humidity, temperature (table in Fig. 1). More specifically, the effects of these environmental components should be considered as well as microclimate-modified. Interactions between mesoclimate and topoclimatic climate parameters with the specifics of local and anthropized contexts, also related to their biophysical structure, define particular and specific microclimate conditions for which careful evaluation and consideration is needed in the context of metaproject and specific design.*
2. *"Biological" assessment of the effects of microclimate on human sensations and energy assessment about the effects of microclimate environmental characteristics on the energy behaviour of buildings. From the first assessment it is possible to obtain, using specific tools such as the "bioclimatic diagram" (Fig. 2), specific "diagnosis" of the intervention context from which to draw indications for the identification, in the design, of the necessary measures to establish and/or restore the conditions of environmental comfort.*
3. *Research and definition of "technological design" solutions aimed at optimizing beneficial microclimate effects and minimizing/mitigating disadvantageous and most problematic ones. This design research, which also refers to specific methodologies and calculation tools, involves factors and parameters such as the orientation of buildings and building surfaces, evaluation of the effects of sunbathing and shading effects in relation to the project building environment, the assessment of the energy consequences of the shape and*

morphology of buildings (influence of surface/volume, S/V, etc.), identification of the effects of the interaction between ventilation flows and the specific context of intervention and project, the interaction between building materials and microclimate parameters (suning, temperature, etc.); eco-friendly and eco-efficient technologies (Fig. 3).

4. *Combination and technical-design formalization of the "technological design" solutions identified in the previous point, in the development of the design at the level of the construction sector as well as at the level of the specific architectural organisms and individual housing units: It is possible to define building organisms characterized by specific bioclimatic and supported behaviors integrated, in their energy-environmental capabilities, by specific passive bioclimatic systems.*

The definition of a current "bioclimatic approach"

At present, the distinction between passive systems and active systems that had characterized the early research on bioclimatic architecture and its principles and modalities, technical and technological, of operation, seems obsolete and outdated. As part of the bioclimatic approach to design, today we tend to foresee the coexistence of a plurality of bioclimate and energy efficient solutions (even in the configuration of "active system") within the same building body. The "bioclimatic approach" is therefore integrated with approaches aimed at optimizing energy efficiency in "active" systems and technologies, in the knowledge that the monothematicity of the design approach is not sufficient to provide concrete and adequate responses to the current instances of energy efficiency in construction, related to unworkable (also due to specific regulatory apparatuses) "zero emissions" targets to be achieved in new buildings, as well as in the renovation of the existing building environment.

The "bioclimatic approach", therefore, must now be part of the cultural and scientific baggage of architects, without being a specialist, in such a way that it can be introduced into the design processes as a substantial and indispensable factor to coordinate and integrate with other modes of design approach, in the general objective of building low environmental impact that can contribute to the reduction of climate-warming emissions and the saving of energy resources.

In this strategic direction, many of the most important contemporary architects (from Renzo Piano and Richard Rogers) work, in which the "bioclimatic approach" works finds specific formalizations and integrations with the themes of technological innovation in materials, building components, as well as in plant systems.

It is noted that thermophysical and fluid dynamics simula-

- Combinazione e formalizzazione tecnico-progettuale delle soluzioni di "progettazione tecnologica" individuate al punto precedente, nello sviluppo della progettazione a livello del comparto edilizio nonché al livello degli specifici organismi architettonici e delle singole unità abitative. È possibile in tal modo definire organismi edilizi caratterizzati da specifici comportamenti bioclimatici e supportati/integrati, nelle loro funzionalità energetico-ambientali, da specifici sistemi bioclimatici di tipo passivo.

La definizione di un attuale "approccio bioclimatico"

Attualmente la distinzione fra sistemi passivi e sistemi attivi che aveva caratteriz-

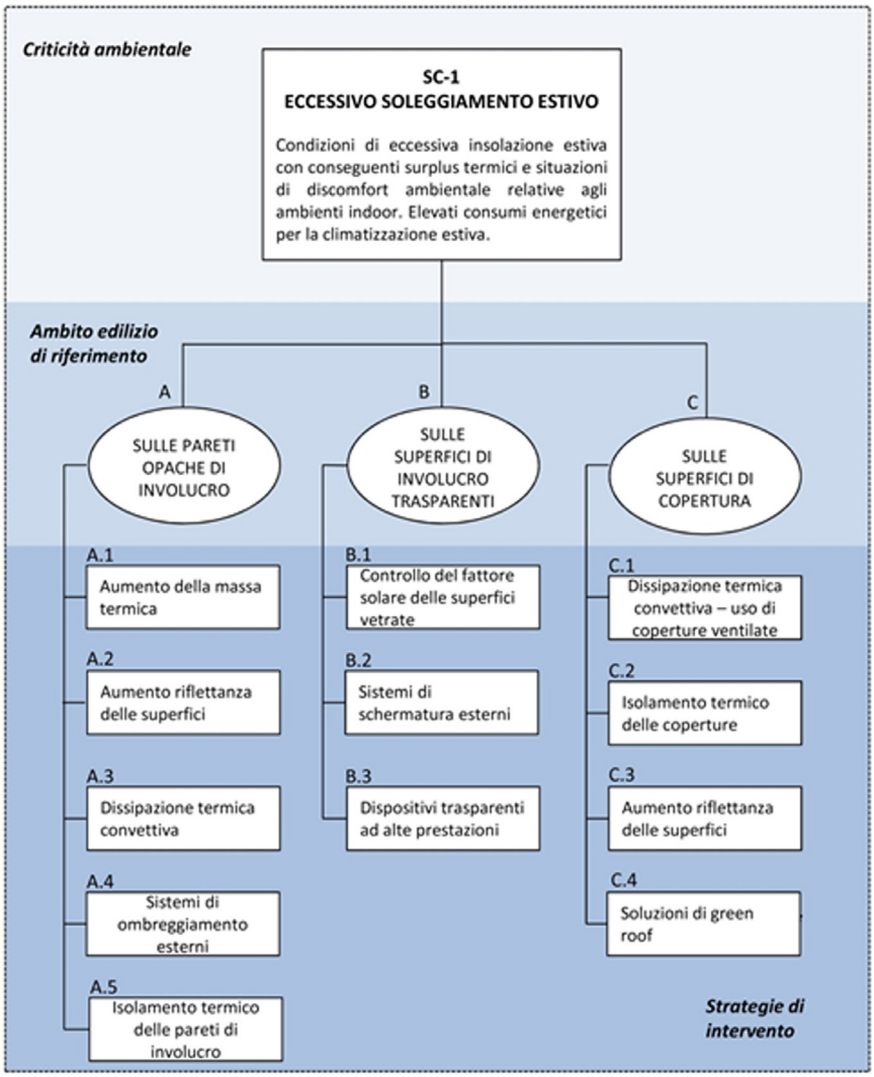


Fig. 2 - Esempio di individuazione delle strategie di "progettazione tecnologica"/ *Example of identification of "technological design" strategies (*D'Olimpio, 2017).

zato le prime ricerche sull'architettura bioclimatica e sui suoi principi e modalità, tecniche e tecnologiche, di funzionamento, appare obsoleta e superata. Nell'ambito dell'approccio bioclimatico alla progettazione si tende oggi a prevedere la compresenza di una pluralità di soluzioni bioclimatiche ed energeticamente efficienti (anche nella configurazione di "sistema attivo") all'interno di uno stesso organismo edilizio. L'"approccio bioclimatico" viene pertanto integrato con approcci indirizzati verso l'ottimizzazione dell'efficienza energetica nell'ambito di sistemi e tecnologie "attive", nella consapevolezza che la monotematicità dell'approccio progettuale non è sufficiente per fornire concrete e adeguate risposte alle attuali istanze di efficienza energetica nell'edilizia, correlate ad improcrastinabili (anche per effetto di specifici apparati normativi) obiettivi di "emissioni zero" da conseguire negli edifici di nuova costruzione, nonché negli interventi di ristrutturazione del contesto edilizio preesistente.

L'"approccio bioclimatico", pertanto, deve oggi far parte del bagaglio culturale e scientifico degli architetti, senza costituirne uno specialismo, in maniera tale da poter essere introiettato nei processi di progettazione come fattore sostanziale e irrinunciabile da coordinare e integrare con altre modalità di approccio progettuale, nell'obiettivo generale di realizzare edifici a basso impatto ambientale in grado di contribuire all'abbattimento delle emissioni climalteranti e al risparmio delle risorse energetiche esauribili.

In tale direzione strategica operano molti tra i più importanti architetti contemporanei (da Renzo Piano e Richard Rogers), nelle quali opere l'"approccio bioclimatico" trova specifiche formalizzazioni e integrazioni con le tematiche dell'innovazione tecnologica nei materiali, nei componenti edilizi, nonché nei sistemi impiantistici.

Si rileva che le simulazioni termofisiche e fluidodinamiche con opportuni *software* possono costituire un importante ausilio a questo approccio progettuale in quanto permettono di raggiungere obiettivi prestazionali positivi con applicazioni *ex ante* che accompagnano tutto lo sviluppo progettuale e sono frutto di un continuo dialogo e della disponibilità del progetto tecnologico ambientale a recepirne le indicazioni in corso d'opera e a modificarsi più volte anche in maniera significativa (Tucci, 2014). Soltanto una particolare attenzione ai parametri climatici e ambientali nonché ad altri fattori quali la disponibilità delle tecnologie e del sapere tecnico possono produrre edifici destinati a durare nel tempo, con ottime *perfomance* bioclimatiche energetiche ed elevati livelli di *comfort* ambientale.

Conclusioni

Una progettazione che segua questi principi può portare ad una significativa contrazione dei consumi per il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione, nonché può creare maggiori condizioni di benessere negli spazi interni ed esterni durante tutto il corso dell'anno. Queste condizioni sono ormai ineludibili, in quanto costituiscono fondamentali azioni di contrasto al cambiamento climatico che, come osserva Amitav Ghosh (Ghosh, 2019), non è un pericolo in sé ma un moltiplicatore di minacce. Nell'ambiente costruito emergono da un lato i problemi di impatto antropico, come l'inquinamento, dall'altro i rischi climatici, energetici, idrici e di emissione di gas climalteranti che collegano le variazioni del clima alle instabilità socio-politiche e in particolare all'accrescersi delle ineguaglianze sociali (es. indisponibilità delle risorse, idriche, energetiche, ecc.).

tions with appropriate software can be an important aid to this design approach as they allow to achieve positive performance goals with ex-ante applications that accompany all design development and are the result of a continuous dialogue and the willingness of the environmental technological project to take the indications in progress and to change several times even significantly (Tucci, 2014). Only a special focus on climate and environmental parameters as well as other factors such as the availability of technologies and technical knowledge can produce buildings that are likely to last, with excellent energy bioclimates and high levels of environmental comfort.

Conclusions

A design that follows these principles can lead to a significant reduction in consumption for heating, cooling and lighting, as well as creating greater living conditions in indoor and outdoor spaces throughout the year. These conditions are now inescapable, as they constitute fundamental actions to combat climate change which, as Amitav Ghosh (Ghosh, 2019) notes, is not a danger in itself but a multiplier of threats. In the built environment, problems of anthropogenic impact emerge on the one hand, such as pollution, on the other hand, climate, energy, water and climate-warming gas risks that link climate changes to socio-political instability and in particular to increasing social inequalities (e.g. unavailability of resources, water, energy, etc.).

In view of the current climate situation, there is no longer room for policies and interventions of low incisiveness, especially in the construction sector, responsible for about 40% of the final energy consumption. It is necessary to rethink, reprogram and reformulate the design and technical-implementation approaches. Some adaptation and mitigation measures focused on reformulation of approaches to energy issues and bioclimatic and energy retraining of the building environment have already been taken and others are being defined. The permeation of the renewed modus operandi in the design strategies of the built environment will have to be compatible with the limits, ever closer, of an irreversibility of the conditions of alteration and degradation of our environmental context.

The goal of architecture today is therefore to respond concretely to these conditions, knowing that there are no suitable solutions to all circumstances and that, in the search for appropriate solutions, it makes little sense to transfer techniques without appropriate research on their adaptability to situations with specific and different climatic characteristics. Bioclimate strategies and solutions are in fact closely linked to the specifics of the site and are generally complex due to the multi-scale, urban and construction, and fragmentation of processes..

The quality of buildings and infrastructure, an orderly and efficient layout of the territory, attractive and functional cities, have great importance for the well-being of those who live there and can be decisive tools of social and economic development, helping to create favorable conditions for cohesion and balanced growth of job and market opportunities (Antonini, Tucci, 2017). These objectives guide the construction sector towards the realization of an interactive building that can give a twist to the current scenario by increasing the resilience capabilities of the city and buildings: With regard to the city, controlling effects such as islands and heat waves and microclimate mutations, as well as building conditions to achieve a mitigation of the causes of global warming and climate change; while compared to buildings, maximizing the use of bioclimatic systems of passive heating, sunscreen, natural ventilation and passive cooling, able to produce an increase in comfort and environmental well-being in the face of a decidedly low or even zero environmental impact.

Alla luce dell'attuale situazione climatica, non vi è più spazio per politiche e interventi di bassa incisività, soprattutto nel settore delle costruzioni, responsabile di circa il 40% dei consumi finali di energia . Occorre ripensare, riprogrammare e riformulare gli approcci progettuali e tecnico-realizzativi. Alcune misure di adattamento e mitigazione centrate sulla riformulazione degli approcci alle questioni energetiche e sulla riqualificazione bioclimatica ed energetica del contesto edilizio, sono già state prese e altre sono in corso di definizione. La permeazione dei rinnovati modus operandi nelle strategie di progettazione dell'ambiente costruito dovrà essere compatibile con i limiti, sempre più vicini, di una irreversibilità delle condizioni di alterazione e degrado del nostro contesto ambientale.

L'obiettivo dell'architettura, oggi, è quindi quello di rispondere concretamente a queste condizioni, sapendo che non esistono soluzioni adeguate ad ogni circostanza e che, nella ricerca di soluzioni appropriate, non ha molto senso trasferire tecniche senza appropriate ricerche sulla loro adattabilità a situazioni con caratteristiche climatiche specifiche e diverse. Le strategie e le soluzioni bioclimatiche sono infatti strettamente legate alle specificità del sito e sono in genere complesse in ragione della multi-scalarità, urbana ed edilizia, e della frammentazione dei processi.

La qualità degli edifici e delle infrastrutture, un assetto ordinato ed efficiente del territorio, città attraenti e funzionali, hanno una grande importanza per il benessere di chi ci vive e possono essere decisivi strumenti di sviluppo sociale ed economico, contribuendo a creare condizioni favorevoli alla coesione e alla crescita equilibrata di opportunità di lavoro e di mercato (Antonini, Tucci, 2017). Tali obiettivi guidano il settore delle costruzioni verso la realizzazione di un'edilizia interattiva in grado di dare una svolta all'attuale scenario con l'innalzamento delle capacità di resilienza della città e degli edifici. Per quanto riguarda la città, controllando effetti quali isole e ondate di calore e mutazioni microclimatiche, nonché costruendo le condizioni per ottenere una mitigazione delle cause di surriscaldamento globale e dei cambiamenti climatici; mentre rispetto agli edifici, massimizzando l'impiego dei sistemi bioclimatici di riscaldamento passivo, di protezione solare, di ventilazione naturale e di raffrescamento passivo, in grado di produrre un aumento del comfort e del benessere ambientale a fronte di un impatto ambientale decisamente basso o addirittura nullo.

References

Antonini, E. & Tucci, F. (eds) (2017), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy. La costruzione di un Manifesto della Green Economy per l'Architettura e la Città del Futuro,* Edizioni Ambiente, Milano.

Gangemi, V. (1994), *L'ambiente risanato. La bioarchitettura per la qualità della vita*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Dierna, S. & Orlandi, F. (2005), *Buone pratiche per il quartiere ecologico*, Alinea Editrice, Firenze.

Del Bino, D., Di Sivo M. & Santi F. (1984), *Clima ed edilizia*, Alinea Editrice, Firenze.

D'Olimpio, D. (2017), *Il Retrofitting Energetico e Bioclimatico nella Riqualificazione Edilizia*, Legislazione Tecnica, Roma.

Ghosh, A. (2019), *La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile*, Beat Editrice., Milano.

Olgyay, V. (1963) *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, University Press Princeton, Princeton.

Tucci, F. (2014), I*nvolucro, Clima, Energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici*, Altralinea Edizioni, Firenze.

Efficienza energetica
Energy Efficiency

Giuseppe Piras, *Sapienza Università di Roma*
Elisa Pennacchia, *Sapienza Università di Roma*

Con il termine efficienza energetica si intende genericamente la capacità di un sistema fisico di conseguire un determinato risultato impiegando il minor quantitativo di energia rispetto ad altri sistemi meno efficienti, incrementandone il rendimento e ottenendo conseguentemente un risparmio di energia, una diminuzione dei costi e benefici ambientali (Cumo et al., 2019). Questo concetto si è diffuso all'inizio del XXI secolo in quanto costituisce uno strumento efficace per affrontare le recenti sfide inerenti alla scarsità delle risorse, ai cambiamenti climatici dovuti alle emissioni dei gas climalteranti e alla dipendenza dalle importazioni di energia proveniente principalmente da fonti non rinnovabili (Di Franco, 2017). Oltre agli evidenti benefici ambientali, perseguire gli obiettivi dell'efficienza energetica comporta anche una maggiore indipendenza energetica e competitività economica, nonchè la creazione di nuovi posti di lavoro grazie alla richiesta di nuove professionalità qualificate (PNIEC, 2019).

È un tema prioritario nelle politiche internazionali anche se in alcuni paesi è ancora lungi dall'essere pienamente realizzata, per motivi comportamentali, finanziari e normativi. L'efficienza energetica costituisce uno degli obiettivi fondamentali della «Strategia Europa 2030» per una crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva (Commissione Europea, 2014). La Direttiva EU 2012/27/EU la definisce come «il rapporto tra la produzione di prestazioni, servizi, beni o energia, e l'immissione di energia» (European Parliament, 2015).

Nel 2014 l'AIE (Agenzia Internazionale dell'Energia) l'ha definita come il "primo carburante" di un sistema energetico sostenibile, in grado di offrire benefici ambientali sociali ed economici. L'AIE ha individuato degli indicatori fondamentali per l'elaborazione di politiche atte a fissare e a raggiungere gli obiettivi di efficienza energetica; essi consentono di individuare dove e come conseguire risparmi energetici, di modellare e prevedere la domanda futura di energia nei settori residenziale e industriale, dei servizi e dei trasporti (OECD / IEA, 2014).

Evoluzione del quadro legislativo di riferimento

Quello dell'edilizia è il settore chiave per l'efficienza energetica, in quanto risulta responsabile di circa un terzo del consumo di energia e del 50% di emissioni di CO_2 (D'Alessandro & Capolongo, 2015).

La necessità di ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici emerge dopo la crisi petrolifera del 1973, provocata dalla guerra dello Yom Kippur da cui è originato l'embargo contro gli USA e i sostenitori di Israele, che ha generato una drastica diminuzione della disponibilità delle scorte di petrolio sul mercato. Tale evento ha portato all'emanazione della prima legge italiana sui consumi degli edi-

In general terms energy efficiency refers generically to the ability of a physical system to achieve a given result by using the least amount of energy compared to other less efficient systems, increasing its efficiency and consequently achieving energy savings, lower costs and environmental benefits (Cumo et al., 2019).

This concept became widespread at the beginning of the 21st century as an effective tool to address recent challenges related to resource scarcity, climate change due to climate-changing gas emissions and dependence on imports of energy mainly from non-renewable sources (Di Franco, 2017).

In addition to the obvious environmental benefits, pursuing energy efficiency objectives also implies greater energy independence and economic competitiveness, as well as the creation of new jobs thanks to the demand for new qualified professionals (PNIEC, 2019). It is a priority issue in international policies even if in some countries it is still far from being fully realised, for behavioural, financial and regulatory reasons.

Energy efficiency is one of the key objectives of the "Europe 2030 strategy" for smart, sustainable and inclusive growth (European Commission, 2014). The EU Directive 2012/27/EU defines it as "the relationship between the production of services, goods or energy, and the supply of energy" (European Parliament, 2015). In 2014, the International Energy Agency (IEA) defined it as the "first fuel" of a sustainable energy system, offering social and economic environmental benefits.

The IEA has identified key indicators for the development of policies to set and achieve energy efficiency targets, where and how to achieve energy savings, and to model and predict future energy demand in the residential, industrial, service and transport sectors (OECD / IEA, 2014).

Evolution of the legislative framework

Construction sector is the key for energy efficiency, accounting for about one third of energy consumption and 50% of CO_2 emissions.

The need to optimize the energy performance of buildings

emerges after the 1973 oil crisis, caused by the Yom Kippur war which led to the embargo against the US and Israeli supporters and a drastic reduction in the availability of oil stocks.

This event led to the enactment of the first Italian law on the consumption of buildings, no. 373 of 1976, which dealt with "Regulations to limit energy consumption for building space heating". This law regulated in the first part the systems for the production of thermal energy and the related thermoregulation systems, in the second part the thermal insulation of buildings and in the third part the penalties applied in case of non-compliance.

This law was subsequently integrated with Presidential Decree 1052/77 to define the criteria for the application of the law and the deadlines for the delivery of the technical report, with Ministerial Decree 10/03/1977 to establish the climatic zones and the values of the heat loss coefficient in buildings and with Ministerial Decree 30/07/1986 to update the heat loss coefficient on the basis of the shape ratio, dispersing surface/heated gross volume of the building (S / V) and the climate zone in which it is located. Law 10/1991 "Regulations for the implementation of the National Energy Plan on the rational use of energy, energy saving and development of renewable energy sources" introduced the energy certification of buildings to give a new impetus to energy efficiency.

The European Union has promoted numerous programmes and directives to encourage increases energy efficiency, including 2002/91/EC and 2010/31/EU on the energy performance of buildings, 2006/32/EC on energy end-use and energy services, 2009/29/EC, 2012/27/EU and 2018/844/EU.

In view of the approaching expiry of the Kyoto Protocol (1997) target to reduce total greenhouse gas emissions by an average of 5% below 1990 levels for the period 2008-2012, Europe has issued Directive 2002/91/EC, known as the EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) to speed up the implementation of the measures. It obliged Member States to introduce certification of the energy performance of buildings for the first time, regular inspection of boilers and air conditioning systems and also an assessment of heating systems with boilers more than 15 years old..

Legislative Decree 192/2005 is the Italian transposition of Directive 2002/91/EC, corrected and supplemented by Legislative Decree 311/2006, which has promoted the reduction of energy consumption and CO_2 emissions and the creation of new businesses and job opportunities, promoting technological innovation in the field of renewable sources and energy saving.

Article 7 of Law Decree 112/2008, converted into Law 133/2008, assigned the Government the task of planning a SEN (National Energy Strategy), in which to define the priorities for

fici, n. 373 del 1976, che trattava: "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici". Tale legge ha disciplinato nella prima parte gli impianti per la produzione di energia termica e i sistemi di termoregolazione annessi, nella seconda l'isolamento termico degli edifici e nella terza le sanzioni applicate in caso di mancata osservanza.

Questa legge è stata successivamente integrata con il DPR 1052/77 per definire i criteri di applicazione della legge e i termini per la consegna della relazione tecnica, con il DM 10/03/1977 per stabilire le zone climatiche e i valori del coefficiente di dispersione del calore negli edifici e con il DM 30/07/1986 per aggiornare il coefficiente di dispersione termica sulla base del rapporto di forma, superficie disperdente / volume lordo riscaldato dell'edificio (S / V) e alla fascia climatica in cui è collocato.

La legge 10/1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" ha introdotto la certificazione energetica degli edifici per dare un nuovo impulso all'efficienza energetica.

L'Unione Europea ha promosso numerosi programmi e direttive per favorire gli incrementi dell'efficienza energetica, tra cui la 2002/91/CE e la 2010/31/UE sulle prestazioni energetiche degli edifici, la 2006/32/CE su gli usi finali dell'energia e i servizi energetici, la 2009/29/CE, la 2012/27/UE e la 2018/844/UE. In vista dell'avvicinarsi della scadenza dell'obiettivo previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997, di ridurre per il periodo 2008–2012 il totale delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 5% rispetto ai livelli registrati nel 1990, l'Europa ha emanato la Direttiva 2002/91/CE, nota come EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*) per accellerare l'attuazione delle misure. Essa ha obbligato gli stati membri a introdurre pr la prima volta una certificazione del rendimento energetico

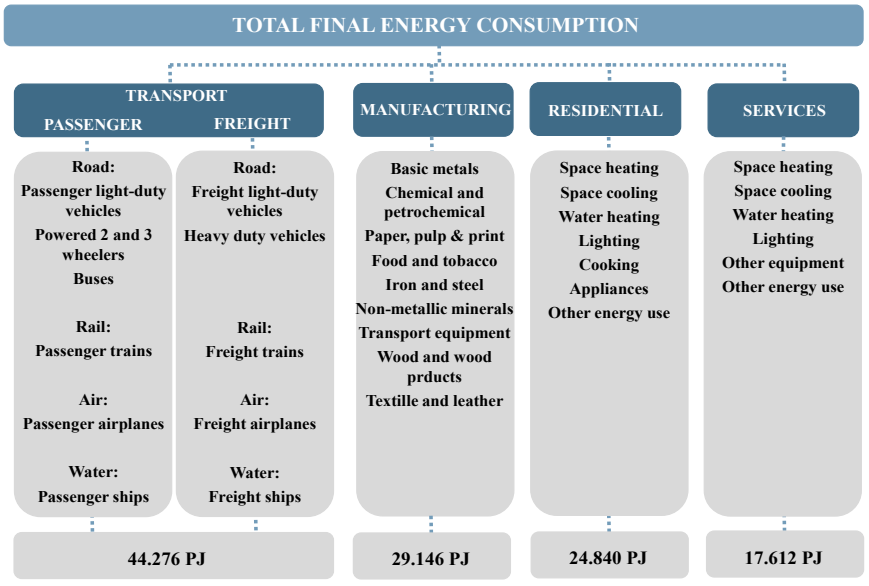


Fig. 1 - Gli indicatori dell'efficienza energetica definiti dall'AIE. *The energy efficiency indicators defined by the IEA* (Source: OECD/IEA, 2014).

degli edifici, l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria e inoltre una perizia del complesso degli impianti termici con caldaie aventi più di quindici anni.

Il D.lgs. 192/2005 è il recepimento italiano della Direttiva 2002/91/CE, corretto ed integrato dal D.lgs. 311/2006, che ha promosso la riduzione dei consumi di energia e delle emissioni di CO_2 e la creazione di nuove imprese e opportunità di lavoro, favorendo l'innovazione tecnologica nel settore delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico.

L'art. 7 del D.L. 112/2008, convertito in legge 133/2008 ha attribuito al Governo il compito di pianificare una SEN (Strategia Energetica Nazionale), in cui definire le priorità per il breve ed il lungo periodo e determinare delle misure necessarie per conseguire diversi obiettivi tra cui la promozione delle fonti rinnovabili di energia e dell'efficienza energetica e l'incremento della ricerca nel settore energetico e della sostenibilità ambientale.

La Direttiva 2009/29/CE nota come "pacchetto clima-energia 20-20-20" ha fissato gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra del 20% rispetto ai valori registrati nel 1990, di aumento al 20% della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica entro il 2020.

La Direttiva 2010/31/UE ha introdotto l'elaborazione di un APE (Attestato di Prestazione Energetica) in sostituzione del precedente ACE (Attestato di Certificazione Energetica), attraverso cui determinare l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EPgl, nren) che consente di identificare il consumo di energia primaria, tenendo conto del fabbisogno per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda, per la ventilazione, per l'illuminazione artificiale, per il trasporto di persone o cose. L'APE prevede inoltre l'individuazione di raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'unità immobiliare/edificio.

La Direttiva ha definito anche il concetto di nZEB (nearly Zero Energy Building), ovvero un edificio ad altissima prestazione energetica, con un fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo che dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia proveniente da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze.

La Direttiva 2012/27/UE ha sancito il ruolo indispensabile dell'efficienza energetica come strumento strategico per affrontare le attuali sfide, per conseguire gli obiettivi del 2020 e costituisce un presupposto per compiere progressi successivi fino al 2050.

L'Italia ha recepito la Direttiva 2012/27/UE attraverso il D.lgs. 102/2014 e il PAEE (Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica), fissando un insieme di misure volte al conseguimento degli obiettivi nazionali di risparmio energetico definiti al 2020 e istituendo il FNEE (Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica).

Gli equilibri geo-politici e le innovazioni tecnologiche potrebbero modificare radicalmente la scena energetica in un qualsiasi momento, ma ciò che sembra certo, tuttavia, è che c'è e ci sarà una continua tendenza verso l'impiego di tecnologie sempre più "pulite" e verso una migliore efficienza energetica, come dimostra la direttiva 2018/844 che ha richiesto agli stati membri una pianificazione strategica con l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas a effetto serra di almeno il 40% entro il 2030 fino a una completa decarbonizzazione nel 2050.

the short and long term and determine the measures necessary to achieve various objectives including the promotion of renewable energy sources and energy efficiency and the increase of research in the energy sector and environmental sustainability.

Directive 2009/29/EC known as the "20-20-20 climate and energy package" set targets for reducing greenhouse gas emissions by 20% below 1990, increasing the share of energy produced from renewable sources to 20% and increasing energy efficiency by 2020.

Directive 2010/31/EU introduced the development of an APE (Energy Performance Certificate) to replace the previous ACE (Energy Certification Certificate), through which can be determined the global non-renewable energy performance index (EPgl, nren), which allows to identify the primary energy consumption, taking into account the needs for winter and summer air conditioning, hot water production, ventilation, artificial lighting, transport of people or things. The APE also provides for the identification of recommendations for improving the energy efficiency of the building unit/building.

The Directive has also defined the concept of nZEB (nearly Zero Energy Building), i.e. a very high energy performance building with very low or almost no energy requirements that should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy produced locally or nearby.

Directive 2012/27/EU enshrined the indispensable role of energy efficiency as a strategic tool to address the current challenges, to achieve the 2020 targets and is a prerequisite for further progress until 2050.

Italy has implemented Directive 2012/27/EU through Legislative Decree 102/2014 and the EEEP (Action Plan for Energy Efficiency), establishing a set of measures aimed at achieving the national energy saving targets set for 2020 and establishing the FNEE (National Energy Efficiency Fund).

Geo-political balances and technological innovations could radically change the energy scene at any time, but what seems certain, however, is that there is and will be a continuous trend towards the use of increasingly "cleaner" technologies and better energy efficiency, as demonstrated by Directive 2018/844 which required Member States to have strategic planning with the objective of reducing greenhouse gas emissions by at least 40% by 2030 until full decarbonisation in 2050.

References

Commissione Europea (2014), *Comunicazione della Commissione Europa 2030. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Bruxelles, available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0015

Cumo, F., Piras, G. & Sforzini, V. (2019), *Analisi energetica degli edifici. Elementi progettuali*, Esculapio, Bologna.

D'Alessandro, D. & Capolongo, S. (2015), *Ambiente costruito e salute. Linee d'indirizzo di igiene e sicurezza in ambito residenziale,* FrancoAngeli, Milano.

Di Franco, N. (2017), *Efficienza energetica: Idea, teoria e prassi*, FrancoAngeli, Milano.

European Parliament, (ottobre 2015), *Understanding energy efficiency*, available at: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI(2015)568361_EN.pdf

OECD/IEA, (2014), *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*, available at: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IEA_EnergyEfficiencyIndicators_EssentialsforPolicyMaking.pdf

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (Dicembre 2019), available at: https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/pniec_finale_17012020.pdf

L. n. 373 del 1976 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici".

D.P.R. 28 giugno 1977, n. 1052, "Regolamento di esecuzione alla legge 30 aprile 1976, n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici".

D. M. 10 marzo 1977 "Determinazione delle zone climatiche, dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici di dispersione termica".

D.P.R. 1052 del 28 aprile 1977 "Regolamento di esecuzione alla Legge 30 aprile 1976, n. 373".

D. M. 30 luglio 1986 "Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici".

L. 9 gennaio 1991, n. 10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".

Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia.

D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

D.Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311, "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo n. 192 del 2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

Direttiva 2006/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2006, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici

D.L. 25 giugno 2008, n. 112, "Disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione Tributaria", convertito in L. 6 agosto 2008, n. 133.

Direttiva 2009/29/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, che modifica la direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra.

Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia.

Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE.

Direttiva 2018/844/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

Involucro
Envelope

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Definizione

Il termine involucro deriva dal verbo latino *involvere*, "volgere intorno", non definisce solo l'aspetto esteriore e bidimensionale di un oggetto, ma indica tutto ciò che avvolge esternamente qualcosa, arrivando a definire un sistema più complesso, dotato di spessore proprio. L'involucro si può definire come un sistema tridimensionale di chiusura integrale dell'edificio, costituito da diversi elementi tecnici che sono strettamente interdipendenti.

L'involucro edilizio è un elemento architettonico che delimita e conclude perimetralmente l'organismo costruttivo e strutturale (è perciò detto "di frontiera"). La sua funzione è quella di mediare, separare e connettere l'interno con l'esterno, ma esso è anche un elemento ambientale, che delimita e identifica gli spazi esterni circostanti.

L'involucro edilizio è costituito da tutte le unità tecnologiche ed elementi tecnici che morfologicamente e funzionalmente definiscono nelle tre direzioni il limite tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno di un organismo edilizio, interagendo a sistema (insieme di elementi spaziali e unità ambientali, che devono garantire il soddisfacimento delle esigenze dell'utenza, e contesto ambientale, condizioni al contorno).

L'utilizzo del termine involucro riferito all'architettura è piuttosto recente, e nasce come evoluzione del concetto di chiusura che identificava, come unità distinte tra loro, i tamponamenti esterni verticali ed orizzontali.

L'involucro edilizio può essere definito inoltre come un filtro ambientale, nella misura in cui è capace di controllare l'influenza dei fattori ambientali esterni sull'ambiente interno. All'involucro sono demandate diverse funzioni da soddisfare: esso non è semplicemente una barriera tra interno ed esterno, ma fornisce protezione dal caldo, dal freddo, modula il passaggio di luce e aria (ARUP, 2018).

L'involucro di un edificio svolge inoltre un ruolo fondamentale nella gestione dei guadagni solari, dei carichi termici, della ventilazione, dei ricambi d'aria, dell'umidità e nell'aspetto formale dell'edificio.

Realizzare organismi edilizi energeticamente efficienti, garantire il comfort degli utenti e di compatibilità ambientale sono strettamente legati all'innovazione del sistema involucro (Wigginton M. & Harris J., 2002).

L'involucro acquisisce dunque nuove specificità e nuove prestazioni dettate dalla necessità di disporre di una membrana osmotica, graduabile e capace di variare il proprio comportamento al variare delle sollecitazioni: si trasforma in un elemen-

Definition

The word envelope derives from the latin verb involvere "revolve around" not only defines the exterior and two-dimensional appearance, but indicates everything that wraps something externally, going so far as to define a more complex system, with its own thickness. It can be defined as a three-dimensional system of integral closure of the building, consisting of several technical elements that are closely interdependent.

It is an architectural element that delimits and concludes parametrically the building and structural organism (or frontier). Its function is to mediate, separate and connect the interior with the exterior, but it is also an environmental element, that delimits and identifies the surrounding external spaces. The building envelope consists of all the technological units and technical elements that morphologically and functionally define in the three directions, interacting as a system, the boundary between the internal environment (set of spatial elements and environmental units that have to ensure the satisfaction of user needs) and the external environment (boundary conditions) of a building organism. The use of the term envelope referred to architecture is quite recent and was born as an evolution of the concept of closure that identified, as distinct units, the external vertical and horizontal curtain walls. The building envelope can also be defined as an environmental filter, if it is able to control the influence of external environmental factors on the indoor environment. The envelope has several functions to be fulfilled, it is not simply a barrier between inside and outside, but provides protection from heat, cold, modulates the passage of light and air (ARUP, 2018). The envelope of a building also plays a key role in the management of solar gains, heat loads, ventilation, air exchange, humidity and the formal appearance of the building.

Energy-efficient building systems, user comfort and environmental compatibility are closely linked to the innovation of the envelope system (Wigginton M. & Harris J., 2002). Therefore, it acquires new specificities and new performances deriving from

the need to have an osmotic membrane, graduated and able to vary its behaviour as the stresses change: it becomes an element of selective mediation, able to control, activate or deactivate a series of variable signals according to the project (Rossetti M., 2019).

The passive envelope indicates a technological system capable of exploiting natural energy in combination with architectural components and, therefore, maximizes direct solar gain because it has large glass surfaces on the walls exposed to solar radiation, provides buffer spaces for protection from cold and greenhouses to exploit solar energy in winter, promotes natural ventilation and uses external air to cool building structures at night. It can becomes active when it not only supports, but also integrates system systems such as, for example, envelopes equipped with air or water based solar collectors, envelopes equipped with photovoltaic panels, envelopes equipped with ventilated glazing (AA.VV., 2018). The hybrid envelope (building and plant become complementary and the envelope becomes part of an integrated building-plant system) is both passive and active, but also multi-purpose, because it is able to perform functions that in the past were entrusted to technological devices of different nature, and dynamic, because it is able to modify its physical-technical performance over time, in relation to the climatic circumstances and the needs of the occupants (Altomonte S., 2004). The environmental behaviour of the envelope inseparable from the building-plant-outdoor environment system leads to give other definitions: Integrated envelope: born from the integration of the façade and the summer and winter air conditioning systems. It can be composed of steel uprights and transoms in which hot or cold fluid flows fed by the heating plant, to di mediazione selettiva, in grado di controllare, attivare o disattivare una serie di segnali variabili in funzione degli obiettivi di progetto (Rossetti M., 2019).

L'involucro "passivo" indica un sistema tecnologico capace di sfruttare l'energia naturale in combinazione con i componenti architettonici e, dunque, massimizza il guadagno solare diretto perché dotato di estese superfici vetrate sulle pareti esposte alla radiazione solare, prevede spazi cuscinetto per la protezione dal freddo e serre per sfruttare l'energia solare nel periodo invernale, favorisce la ventilazione naturale e utilizza l'aria esterna per raffreddare le strutture edilizie nel periodo notturno.

L'involucro edilizio diviene "attivo" quando non solo supporta, ma integra i sistemi impiantistici come, ad esempio, gli involucri dotati di collettori solari ad aria o ad acqua, gli involucri dotati di pannelli fotovoltaici, gli involucri dotati di vetrate ventilate (AA.VV., 2018).

L'involucro "ibrido" (in cui le tecnologie edilizie ed impiantistiche diventano fra loro complementari e l'involucro diviene parte di un sistema integrato edificio-impianti, ricco di apparati di regolazione e controllo) è insieme passivo e attivo, ma anche polivalente, perché in grado di svolgere funzioni che in passato erano affidate ad apparati tecnologici di differente natura; e dinamico, perché in grado di modificare le sue prestazioni fisico-tecniche nel tempo, in relazione alle circostanze climatiche e alle esigenze degli occupanti (Altomonte S., 2004).

Il comportamento ambientale dell'involucro inscindibile dal sistema edificio-impianto-ambiente esterno porta ad ulteriori definizioni.

Involucro "integrato": nasce dall'integrazione della facciata e degli impianti di climatizzazione estiva e invernale. Può essere costituito da montanti e traversi in acciaio in cui scorre fluido caldo o freddo alimentato dalla centrale termica, a seconda delle stagioni. Il calore viene erogato con questa tipologia impiantistica principalmente per irraggiamento, con un funzionamento del tipo "a termostriscia", quindi si realizzano le classiche condizioni di pannello radiante, con la differenza che la superficie radiante è in realtà costituita dalla facciata stessa dell'edificio.



Fig. 1 - Involucro interattivo. L'edificio per uffici a Wiesbaden, Germania (progetto Thomas Herzog & Partner)/*Interactive Envelope. The office building in Wiesbaden, Germania* (Thomas Herzog & Partner) (Source: infobuildenergia.it).

Involucro iperisolato: sfrutta le tecnologie stratificate struttura/rivestimento che hanno la possibilità di calibrare le stratificazioni e rispondere puntualmente ai requisiti previsti in fase progettuale.

Dal punto di vista termico, in un involucro leggero e "iperisolato", si ha una diminuzione del passaggio di calore: più l'edificio è isolato più elevata è la resistenza termica che si oppone al passaggio di calore. L'involucro sostanzialmente ha un comportamento adiabatico. I punti chiave dell'involucro iperisolato pertanto sono il miglioramento della resistenza termica delle parti opache e di quelle trasparenti, e una tenuta all'aria pressoché perfetta.

Involucro "ventilato": può essere considerato come una chiusura opaca a isolamento dinamico, infatti attraverso il fluire variabile al suo interno di aria caratterizzata da una determinata temperatura, è in grado di far variare "dinamicamente" il suo comportamento termico. Il flusso d'aria, a seconda della velocità, del suo stato termico e di quello delle superfici di suo contenimento, del rapporto tra volume del condotto e superfici di scambio termico può infatti cedere o asportare calore dalla parete. Questo comportamento può essere fatto variare in funzione degli obiettivi che ci si propone e in relazione alla variabilità delle condizioni al contorno. È dimostrato che, sia in condizioni invernali che estive, la parete ventilata con circuito d'aria esterno-esterno o esterno-interno, rispetto ad una parete identica ma con intercapedine chiusa, ha prestazioni termiche inferiori e tanto più inferiori tanto più cresce la portata; invece la parete ventilata con circuito interno-esterno, sia in condizioni di progetto invernali che estive, ha prestazioni termiche superiori rispetto ad una parete identica ma con intercapedine chiusa, e tanto migliori quanto più cresce la portata. Anche nel caso della temperatura superficiale, migliori prestazioni (ovvero una temperatura superficiale che si avvicina di più alla temperatura interna) si ottengono con una parete ventilata con circuito interno-esterno.

"Doppio involucro": appartiene alla categoria dei sistemi di chiusura a isolamento dinamico. Questo sistema, nato nei paesi nordici, per essere realmente efficace deve tenere conto della specificità climatica del sito. Questi involucri possono essere classificati, utilizzando l'origine dell'aria di ventilazione, il tipo di ventilazione, o la destinazione dell'aria di ventilazione:

- doppio involucro passivo: l'intercapedine è ventilata naturalmente (Parlamento Europeo a Strasburgo, Architecture Studio Europe);
- doppio involucro attivo: l'intercapedine è ventilata meccanicamente (Moor House a Londra di Foster e partners, la nuova sede di Manulife Financial a Boston di Skidmore Owings & Merill Architects);
- doppio involucro interattivo: sono presenti entrambi i modi di ventilazione (ST microeletronics a Ginevra, AM Architetti, 2003).

Involucro "integrato" ad impianti per la produzione di energia: una buona integrazione presuppone che gli impianti siano progettati simultaneamente con la concezione dell'organismo edilizio. Soprattutto il fotovoltaico sta conoscendo nell'ultimo periodo un'evoluzione esponenziale, grazie alla sua versatilità: più o meno alto grado di trasparenza, diversi colori, modularità, ecc..

Involucro "interattivo multimediale": si tratta di un sistema ottenuto grazie alla retroproiezione di immagini su vari supporti trasparenti (Compagno A., 2002). Il vetro o il materiale iridescente consente l'apparenza di immagini di buona qualità sulla trasparenza, assicurando nel contempo visibilità dall'interno verso l'esterno, permettendo inoltre la vista e il passaggio della luce attraverso le vetrate (Rice

depending on the season. The heat is supplied with this type of system mainly by irradiation, with an operation of the "thermostrip" type, so the classic radiant panel conditions are realized, with the difference that the radiant surface is actually constituted by the facade of the building itself. Hyper-insulated envelope: it exploits the structure/cladding stratified technologies that have the possibility to calibrate the stratification and respond punctually to the requirements foreseen in the design phase. From the thermal point, there is a decrease in the passage of heat: the more the building is insulated the higher the thermal resistance that opposes the passage of heat. The key points of the hyper-insulated envelope are therefore the improvement of the thermal resistance of the opaque and transparent parts and an almost perfect airtightness.

Ventilated envelope: it can be considered as an opaque closure with dynamic insulation, in fact through the variable flow of air inside it characterized by a certain temperature, it is able to "dynamically" vary its thermal behaviour. The flow of air, depending on its speed, its thermal state and that of its containment surfaces, the ratio between the volume of the duct and the heat exchange surfaces can in fact remove heat from the wall. This behaviour can vary according to the objectives proposed and in relation to the variability of the boundary conditions. It has been demonstrated that, both in winter and summer conditions, the ventilated wall with an external-external or external-internal air circuit, has lower thermal performance and the lower the flow rate increases; while the ventilated wall with an internal-external circuit, both in winter and summer conditions, has higher thermal performance compared to an identical wall but with a closed cavity, and the higher the flow rate increases. Even in the case of surface temperature, better performance is obtained with a ventilated wall with internal-external circuit.

Double envelope: belongs to the category of dynamically insulated locking systems. This system, born in the Nordic countries, to be effective it has to take into account the climatic specificity of the site. These envelopes can be classified using the origin of the ventilation air, the type of ventilation, or the destination of the ventilation air:

- *double passive envelope: is naturally ventilated (EU Parliament in Strasbourg, Architecture Studio Europe);*
- *double active envelope: is mechanically ventilated (Moor House in London, Foster and partners and Manulife Financial headquarters in Boston, Skidmore Owings & Merill);*
- *double interactive envelope: both ventilation modes are present (ST microeletronics in Ginevra AM Architects, 2003)*

Integrated envelope to energy production facilities: good integration requires that the facilities are designed simultaneously with the design of the building organisation. Especially photovoltaics is experiencing an exponential evolution in the last period, thanks to

its versatility. Interactive multimedia envelope: is a system obtained thanks to the rear projection of images on various transparent media (Compagno A., 2002). The glass or iridescent material allows the appearance of good quality images on the transparency, while ensuring visibility from the inside to the outside, also allowing the view and the passage of light through the glass (Rice P., 2000). The skin of the building for this type of envelope consists of vertical panels of translucent material coupled, on which the images are projected, mounted on these supporting metals.

Evolution of the term

Technological evolution has led to the definition of a new concept of envelope, no longer static and passive, but adaptive and complex (Gregory D.P., 1986), allowing to investigate and understand the advantages of the integration of automation systems on an architectural scale that interact and regulate both the plant engineering system and the aesthetic-architectural conformation of the envelope, with the aim of reducing its energy requirements.

The envelope, as "skin", plays the decisive role of a dynamic environmental filter system capable not only of regulating the flows of heat (Scudo G. & Rogora A., 1998), radiation, air and steam, but also of converting solar radiation into energy (thermal and electrical) that can be used for the "metabolism" of buildings, and in general of performing a series of key performances that make it the cornerstone of a global process of eco-efficient interaction with natural environmental factors (Milardi M., 2015). The choice to define the envelope as skin systems from the analogy to be created between this physical element and human skin, which is the largest organ of the body of living beings. The envelope plays, in fact, the role of metabolic and morphological part of the building interpreted in a holistic sense, and through the complex system of actuators and sensors, which characterize it in the most advanced technological conformation, it can to regulate actively the thermal-functional dynamics that characterize an evolved building (Tucci F., 2014). Michael Davis introduced the concept of variability in the skin of the building in 1981, describing a technological system equipped with microsystems to absorb, irradiate, reflect, filter and transfer services from one space to another one.

Over time, this concept is consolidated in the image of an envelope capable of changing conformation in relation to external thermophysical stresses, becoming from transparent to opaque, changing its colour, and varying its optical properties. These characteristics can be determined by the choice of materials that present evolved solutions in relation to their chemical composition or the application of dynamic elements on the envelope (Puglisi V., 2015). Richard Rogers, in 1978 study, defines «the building has to become like a chameleon that fits. A proper-

P., 2000). La pelle dell'edifico per questo tipo di involucro consiste in pannelli verticali di materiale traslucido accoppiati, su cui vengono proiettate le immagini, montati su tali metallici di supporto.

Evoluzione del termine

L'evoluzione tecnologica ha portato alla definizione di un nuovo concetto di involucro, non più statico e passivo, ma adattivo e complesso (Gregory D.P., 1986), permettendo di indagare e comprendere i vantaggi dell'integrazione di sistemi di automazione a scala architettonica, che interagiscono e regolano sia il sistema impiantistico, sia la conformazione estetico - architettonica dell'involucro, con l'obiettivo di ridurne il fabbisogno energetico.

L'involucro, come 'pelle', svolge il ruolo determinante di sistema dinamico di filtro ambiente capace non solo di regolare i flussi di calore (Scudo G. & Rogora A., 1998), radiazione, aria e vapore, ma anche di convertire l'irraggiamento solare in energia (termica ed elettrica) utilizzabile per il 'metabolismo' degli edifici, ed in genere di assolvere una serie di prestazioni chiave che ne fanno l'elemento cardine di un globale processo di interazione eco-efficiente con i fattori ambientali naturali (Milardi M., 2015).

La scelta di definire l'involucro come pelle nasce dall'analogia che si vuole creare tra questo elemento fisico e la pelle umana, che è il più esteso organo del corpo degli esseri viventi. L'involucro assolve, infatti, il ruolo di parte metabolica e morfologica dell'edificio interpretato in senso olistico, e attraverso il complesso sistema di attuatori e sensori, che lo caratterizzano nella sua conformazione tecnologica più evoluta, riesce a regolare in modo attivo le dinamiche termico-funzionali che caratterizzano un edificio evoluto (Tucci F., 2014).

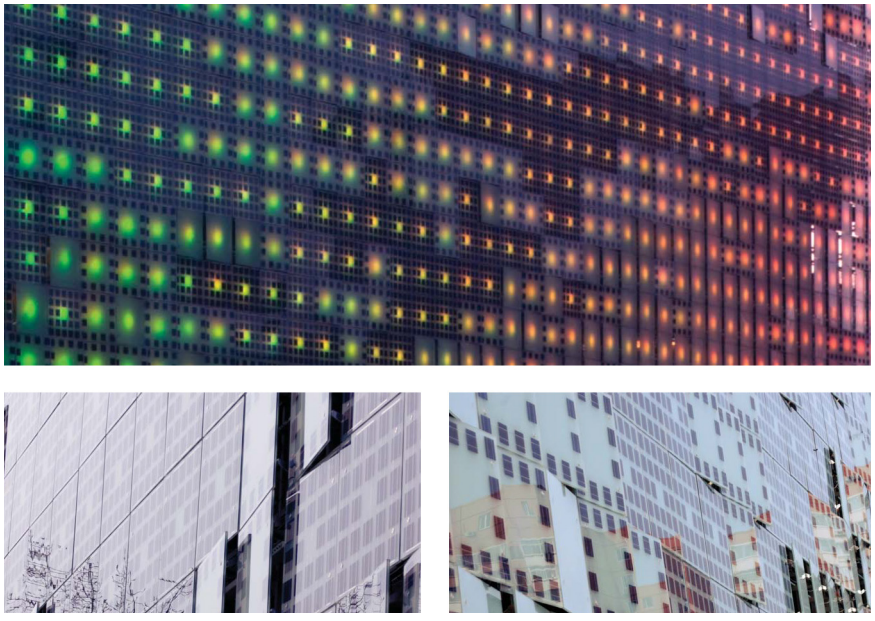


Fig. 2 - Involucro interattivo multimediale. Progetto GreenPix – Zero Energy Media Wall_ Xicui Road, Beijing, China, 2008/*Multimedial interactive envelope..GreenPix – Zero Energy Media Wall_Xicui Road, Beijing, China, 2008* (Source: www.sgp-architects.com).

Michael Davis introduceva nel 1981 il concetto di variabilità della pelle dell'edificio, descrivendo un sistema tecnologico dotato di microsistemi per assorbire, irraggiare, riflettere, filtrare e trasferire servizi da uno spazio all'altro.

Nel tempo questo concetto si è consolidato nell'immagine di un involucro in grado di cambiare conformazione in relazione alle sollecitazioni termofisiche esterne, diventato da trasparente ad opaco, modificando il suo colore, e variando le sue proprietà ottiche. Queste caratteristiche possono essere determinate dalla scelta di materiali che presentano soluzioni evolute in relazione alla loro composizione chimica, o all'applicazione sull'involucro di elementi dinamici nel tempo (Puglisi V., 2015).

Richard Rogers, in uno studio del 1978 per la definizione di futuri campi della ricerca, sostiene che: «L'edificio deve diventare come un camaleonte che si adatta. Un edificio propriamente equipaggiato ed adeguatamente rivestito dovrebbe monitorare tutte le variabili interne ed esterne, temperatura, igrometria e livello della luce, radiazione solare, ecc., per determinare la migliore equazione energetica, date queste condizioni, e modificare l'edificio in accordo con un sistema interno. Non è troppo chiedere ad un edificio di incorporare, nella sua struttura e nel suo sistema nervoso, la fondamentale qualità dell'adattamento» (Rogers, 1979).

L'importanza crescente del ruolo svolto dall'involucro edilizio, che sempre più deve rispondere a requisiti in materia di confort ambientale e risparmio delle risorse energetiche, determina quindi la consapevolezza che l'involucro stesso costituisca la prima e necessaria cerniera di collegamento tra sistema ambientale e sistema tecnologico (OECD - IEA, 2013).

L'involucro adattivo può essere descritto come un sistema di chiusura che possiede le capacità di cambiare le sue proprietà e controllare in maniera flessibile differenti parametri. Questi cambiamenti sono prodotti per rispondere ad un mutamento delle condizioni climatiche esterne o interne allo scopo di migliorare il benessere ambientale interno (Denner D., Hessler F. & Kraise J., 1999). Il cambiamento delle prestazioni di un involucro può essere ottenuto in svariati modi differenti: attraverso cambiamenti chimici nei materiali che lo compongono, con la movimentazione di elementi o introducendo flussi d'aria (Corrado V.F., 2020).

Diventa così una complessa macchina, il cui funzionamento è regolato da sistemi tecnologici particolarmente avanzati, tali da regolare e controllare una serie di apparati meccanici capaci di adattare il rapporto complesso tra il clima esterno e quello interno: involucri automaticamente reattivi alle condizioni e alle sollecitazioni climatiche esterne (Knaack U., Klein T., Bilow M., & Auer T., 2014).

Considerata la complessità di progettazione di questi sistemi, risulta chiaro come l'ambito più adatto allo sviluppo degli stessi sia quello legato alla dinamicità del loro funzionamento e all'adattabilità alle variazioni delle condizioni al contorno: involucri evoluti a comportamento dinamico, cioè sistemi innovativi in grado di raggiungere prestazioni elevate e adattabili alle variazioni.

Nell'ambito degli studi sul *climate change*, il termine adattività compare in stretta relazione con quello di dinamicità.

Si può affermare quindi che l'involucro si sia lentamente evoluto da elemento barriera, prevalentemente protettivo, in un complesso sistema-filtro selettivo e polivalente, in grado di ottimizzare le interazioni tra ambiente interno e macro-ambiente esterno (e viceversa) al mutare delle diverse condizioni climatico-ambientali nel corso della giornata, nel corso dell'anno, e finanche nel corso della vita dell'organismo edilizio e/o dell'uomo che lo abita; inoltre, il sistema involucro

ly equipped and adequately clad building should monitor all internal and external variables, temperature, hygrometry and light level, solar radiation, etc., to determine the best energy equation, given these conditions, and modify the building according to an internal system. It is not too much to ask a building to incorporate, in its structure and nervous system, the fundamental quality of the adaptation» (Rogers, 1979). The growing importance of the role played by the building envelope, which increasingly has to meet requirements in terms of environmental comfort and energy saving, determines the awareness that the envelope is the first and necessary hinge connecting the environmental and technological system (OECD - IEA, 2013).

The adaptive envelope can be described as a locking system that has the ability to change its properties and flexibly control different parameters. These changes are produced to respond to an outdoor or indoor climatic conditions to improve indoor environmental well-being (Denner D., Hessler F. & Kraise J., 1999). The change in the performance of an envelope can be achieved in several different ways: through chemical changes in the materials of which it is composed, through the movement of elements or by introducing airflows (Corrado V.F., 2020). Therefore becomes a complex machine, whose operation is regulated by particularly advanced technological systems, such as to regulate and control a series of mechanical devices capable of adapting the complex relationship between the external and internal climate: envelopes that are automatically reactive to external climatic conditions and stresses (Knaack U., Klein T., Bilow M., & Auer T., 2014).

Considering the complexity of the design of these systems, it is clear that the most suitable area for their development is the one related to the dynamism of their operation and adaptability to variations in the boundary conditions: evolved envelopes with dynamic behaviour, i.e. innovative systems capable of achieving high performance and adaptable to variations. In the context of climate change studies, the term adaptivity appears in close relation to the term dynamicity. It can therefore be said that the envelope has slowly evolved from a mainly protective barrier element into a complex selective and polyvalent filter-system, capable of optimizing the interactions between the internal environment and the external macro-environment (and vice versa) and the changing climatic-environmental conditions during the day, the year and the life of the building organism and/or the man who lives in it. The envelope system, responds in an "smart" sense to the same psychological, sociological and cultural changes in the way of living the relationships with these micro and macro-environmental factors on the part of the users of "enveloped" architecture.

In the last years, the theme of climate and environmental change has led many operators in the construction sector to

identify the building envelope as the strategic element for reducing consumption and the impacts of the construction industry throughout the entire life cycle of processes and products. In this sense, the interest for an architectural project linked to criteria of smart interaction with the environment has led to conceive the envelope as a "dynamic epidermal layer that changes and adapts" according to the different conditions of the climate-environmental context and the different needs of users (Romano R., 2019).

The concept of dinamicity and interactivity/adactivity of the envelope with the integration of systems or rather of smart materials, capable of controlling the energy consumption performance of buildings, leads to the creation of prototypes capable of being translated into serial components for advanced envelopes capable of providing high environmental performance (Milardi M., 2018). It is not only a matter of producing the knowledge and methodologies necessary to encourage the activation of processes linked to innovation, but above all, of making the transfer of technology from the scientific sector to the production sector involved for the drafting of solutions and prototypes a useful synergy for those involved.

risponde sempre più spesso in senso "intelligente" agli stessi mutamenti psicologici, sociologici e culturali del modo di vivere i rapporti con tali fattori micro e macro ambientali da parte dei fruitori dell'architettura "involucrata".

Negli ultimi anni il tema dei cambiamenti climatici e ambientali ha portato molti operatori del settore delle costruzioni ad individuare l'involucro edilizio come l'elemento strategico ai fini della riduzione dei consumi e degli impatti dell'industria edilizia nell'intero ciclo di vita dei processi e dei prodotti. In tal senso, l'interesse per un progetto di architettura legato a criteri di interazione intelligente con l'ambiente ha portato a concepire l'involucro come uno "strato epidermico dinamico che muta e si adatta" in funzione alle diverse condizioni di contesto climatico-ambientale ed alle diverse esigenze degli utenti (Romano R., 2019).

Il concetto di dinamicità ed interattività/adattività dell'involucro con l'integrazione impiantistica o meglio di materiali intelligenti, capaci di controllare le prestazioni di consumo energetico degli edifici, conduce alla realizzazione di prototipi in grado di essere tradotti in componenti seriali per involucri evoluti capaci di fornire alte performances ambientali (Milardi M., 2018). Si tratta non solo di produrre conoscenze e metodologie necessarie per favorire l'attivazione dei processi legati all'innovazione ma soprattutto di concretizzare il trasferimento tecnologico dal settore scientifico al settore produttivo coinvolto per la stesura di soluzioni e prototipi, creando una sinergia utile ai soggetti coinvolti.

References

AA.VV. (2018) "Proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins", *Proceeding of Conference*, Bern, Switzerland, Advanced Building Skins GmbH, Wilen (Sarnen), 1-2 October 2018.

ARUP (2018), *Cities Alive. Green Building Envelope*, ARUP Deutschland Publisher GmbH.

Altomonte, S. (2004), *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile*, Alinea, Firenze.

Compagno, A. (2002), *Intelligent Glass Façades*, Birkhauser Publishers, Berlin.

Corrado, V. F. (2020), "Proceedings of Building Simulation 2019", *Proceeding of 16th Conference of IBPSA International Building Performance Simulation Association*, Rome, Italy, 2-4 September 2019.

Danner, D., Hassler, F.H. & Krause, J.R. (1999), *Die klima-active Fassade*, Verlagsanstalt, Alexander Koch GmbH, Leinfeld-Echterdingen.

Gregory, D.P. (1986), "Adaptive Building Envelopes", *BSRIA-TN*-3/86, Bracknell.

Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., & Auer, T. (2014), *Facades. Principles of construction*, Basel: Birkhäuser Verlag GmbH.

Milardi, M. (2015), *L'edificio risorsa. Caratteri e indicatori di eco-efficienza in edilizia*, Nuova Cultura, Roma.

Milardi, M. (2018) "Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes", *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy,* n. 6, 2018, pp. 108-117, Mississauga: Lifescience Global (CAN).

OECD-IEA (2013), *Technology Roadmap. Energy efficiency building envelopes*, Paris: International Energy Agency IEA, OECD-IEA.

Puglisi, V. (2015), *Sistemi, tecnologie e materiali innovativi per gli involucri contemporanei*, Aracne, Roma.

Rice, P. (2000) *Transparente Architektur. Glassfassadenmit Structural Glazing*, Birkhauser Publishers, Berlin.

Rogers, R. (1979), *Notes on the Future of Glass (Private report to Pilkington Glass Ltd)*, Richard Rogers and Partners, London.

Romano, R. & Gallo, P. (2019), "Nuovi modelli cognitivi nella fase di pre-progettazione dei sistemi di involucro complessi", *La Produzione del Progetto*, proceedings of Conference, Dipartimento Architettura e Territorio-dArTe dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018, Maggioli Editore, pp. 0-12.

Rossetti, M. (2019), *L'involucro architettonico contemporaneo*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

Scudo, G. & Rogora, A. (1998), "L'involucro come regolatore dei flussi energetici", *Ambiente Costruito*, vol.1, Maggioli, Rimini.

Tucci, F. (2006), *L'involucro ben temperato*, Alinea, Firenze.

Tucci, F., (2014), *Involucro, Clima, Energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici,* AltrAlineaEdizioni, Firenze.

Wigginton, M. & Harris, J. (2002), *Intelligent Skins,* Architectural Press, Oxford.

Climate Responsive Design

Enza Tersigni, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il concetto di responsività nel campo del design

Il termine *responsive* è genericamente definito come «il modo in cui un dispositivo risponde a uno stimolo o a una gamma di stimoli» (Oxford English Dictionary). Il comportamento *responsive* può quindi essere definito come una reazione istantanea a qualche tipo di stimolo; la reazione è un desiderato cambio di stato finalizzato al mantenimento di determinate funzionalità. Nel caso del *climate responsive design*, la funzionalità da mantenere è il comfort e gli stimoli sono le condizioni climatiche variabili e le richieste di *comfort* mutevoli.

Il *climate responsive design* adotta una strategia che estende i principi di progettazione bioclimatica, legati alla progettazione di forme e involucri, a componenti strutturali e architettonici capaci di sfruttare attivamente potenziali flussi di energia. L'approccio non consiste principalmente nel minimizzare la domanda di energia, ma nella creazione di spazi confortevoli e sani che beneficino del potenziale delle risorse energetiche naturali nell'ambiente costruito (Looman et al., 2007).

Sebbene in letteratura, nella ricerca e nella pratica architettonica il concetto di *climate responsive design* sia fondato sull'adozione di consolidati approcci bioclimatici (Hastings, 1989; Hyde, 2000; Krishan et al., 2001), il concetto di responsività è oggi in rapida evoluzione in un campo emergente caratterizzato da ambienti ibridati con tecnologie innovative di tipo responsivo in grado di elaborare e rispondere efficacemente alle condizioni real-time (Cantrell & Holzman, 2016; Sung, 2018).

La progettazione bioclimatica come fondamento del *climate responsive design*

Il *climate responsive design* è radicato nella disciplina della progettazione bioclimatica «prima nel più ampio contesto della progettazione sostenibile - dal punto di vista ambientale - e poi nella pratica dell'architettura attraverso un'efficace governance del processo progettuale» (Hyde, 2000). La progettazione bioclimatica - che coniuga biologia e clima - è un approccio alla progettazione degli edifici e del paesaggio che si basa sul clima locale; nell'uso del termine bioclimatico, la progettazione è legata al bisogno fisiologico e psicologico di salute e comfort. Questo approccio è stato sviluppato in una serie di pubblicazioni specialistiche e divulgative diffuse a partire dagli anni '50 del secolo scorso[1].

1 Nel 1953 Victor Olgyay coniò il termine 'progettazione bioclimatica' nel suo contributo di ricerca *Bioclimatic approach to architecture*. Nello stesso anno, Aronin scrisse il suo libro *Climate and architecture*. Il libro *Solar control and shading devices* scritto da Victor Olgyay e Aldar Olgyay è stato pubblicato nel 1957. Il libro *Le confort dans l'habitat en pays tropicale* di Dreyfus è stato pubblicato nel 1960. Il libro più influente di Victor Olgyay

Responsiveness concept in the design field

The term responsive is generically defined as «the way in which an apparatus responds to a stimulus or range of stimuli» (Oxford English Dictionary). Responsive behaviour can be therefore defined as a readily reaction to some kind of stimulus. The reaction is a desired change of state in order to maintain certain functionality. In the case of climate responsive design, the functionality to maintain is comfort provision and the stimuli are variable climate conditions and changing comfort demands.

Climate responsive design embraces a strategy where it extents bioclimatic design principles of form and envelope design to structural and architectural elements that actively harvest potential energy flows. The approach is not primarily about minimising energy demands, it is about creating comfortable and healthy spaces that benefit from the potential of the natural energy resources in the built environment (Looman et al., 2007).

Although in literature, research and architectural practice the concept of climate responsive design is founded on the adoption of consolidated bioclimatic approaches (Hastings, 1989; Hyde, 2000; Krishan et al., 2001), the responsiveness concept is nowadays rapidly evolving in an emerging field characterized by environments hybridized with innovative responsive technologies able to better process and respond to real-time conditions (Cantrell & Holzman, 2016; Sung, 2018).

Bioclimatic design as the foundation of climate responsive design

Climate responsive design is rooted in the discipline of bioclimatic design «first in the wider context of environmental sustainable design and second in the practice of architecture through effective design management» (Hyde, 2000). Bioclimatic design – combining biology and climate – is an approach to the design of buildings and landscape that is based on local climate; in using the term bioclimatic, design is linked to the physiological and psychological need for health and comfort. This approach was promoted in a series of professional and popular publications spread from the 1950s[1].

1 In 1953 Victor Olgyay coined the term 'bioclimatic design'

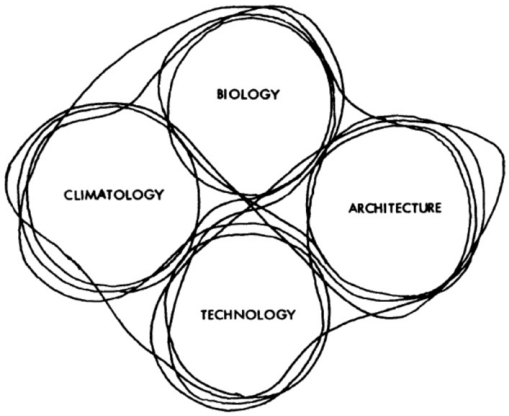


Fig. 1 - Ambiti interconnessi / *Interlocking fields* (Source: Olgyay, 1963).

In adopting bioclimatic approaches, the designer endeavours to create comfort conditions by understanding the microclimate and resulting design strategies that include natural ventilation, daylighting and passive heating and cooling (Watson, 2013). According to these criteria, the environmental quality of final design occurs during the early stages of the design process, typically the domain of the architect (Brown & DeKay, 2001; Yannas, 1989).

The building as a responsiveness system

Climate responsive design puts an emphasis on the potential of buildings as being an intermediate between the indoor and outdoor environment, acting as an environmental filter (Hastings, 1989). The challenge of unifying climate control and building functionality, of securing a managed environment within a natural setting and combating the harsh forces of wind, water, and sun presented a new set of obstacles to architects and engineers in the mid-twentieth century. «Climate-responsive design of buildings became a concern when, in the post-war years, Europe-

in his research paper Bioclimatic approach to architecture. In the same year, Aronin wrote his book Climate and architecture. The book Solar control and shading devices written by Victor Olgyay and Aldar Olgyay was published in 1957. The book Le confort dans l'habitat en pays tropicale by Dreyfus was published in 1960. Victor Olgyay's most influential book Design with climate with the subtitle Bioclimatic approach to architectural regionalism was published in 1962. Lippsmeier wrote his book Tropenbau in 1969. Givoni's book Man, climate and architecture of 1969 was based on an extensive research carried out in Israel.

Adottando approcci bioclimatici, il progettista cerca di creare condizioni di comfort in base al microclima e alle strategie di progettazione che ne derivano, che includono la ventilazione naturale, l'illuminazione diurna e il riscaldamento e raffrescamento passivo (Watson, 2013). Secondo questi criteri, la qualità ambientale della progettazione finale avviene durante le prime fasi del processo di progettazione, tipicamente di competenza dell'architetto (Brown & DeKay, 2001; Yannas, 1989).

L'edificio come sistema responsivo

La progettazione *climate responsive* pone l'accento sul potenziale dell'edificio come intermediario tra l'ambiente interno ed esterno, agendo come un filtro ambientale (Hastings, 1989). La sfida di conciliare il *comfort* climatico e la funzionalità degli edifici, di garantire un ambiente controllato all'interno di un contesto naturale e di gestire le azioni del vento, dell'acqua e del sole ha presentato una nuova sfida per gli architetti e gli ingegneri a metà del XX secolo. «Il *climate-responsive design* è diventato centrale quando, negli anni del dopoguerra, gli architetti moderni europei e nordamericani hanno iniziato a lavorare nei climi sconosciuti dei tropici. Negli anni '50, gli architetti cominciarono a promuovere l'idea che l'architettura tradizionale fosse in armonia con la natura e potesse guidare gli architetti moderni verso la *climate responsiveness* e la massimizzazione delle risorse» (Kabre, 2018).

Citando le parole di Olgyay nel suo libro *Design with climate*, *Bioclimatic approach to architectural regionalism*, libro pionieristico nel settore, «il processo di costruzione di una casa c*limate-balanced* può essere suddiviso in quattro fasi, di cui l'ultima è l'espressione architettonica. L'espressione architettonica deve essere preceduta dallo studio delle variabili climatiche, biologiche e tecnologiche. Il primo passo verso un adattamento ambientale è un'indagine dei fattori climatici in un determinato luogo. […] Poiché l'uomo è la misura fondamentale in architettura e il riparo è progettato per soddisfare le sue esigenze biologiche, il secondo passo consiste nel valutare ogni impatto climatico in termini fisiologici. Come terzo passo, le soluzioni tecnologiche devono essere applicate a ogni esigenza *climate-comfort*. Nella fase finale queste soluzioni devono essere combinate, a seconda della loro importanza, nell'unità architettonica. La sequenza di questa interazione di variabili è Clima, Biologia, Tecnologia, Architettura» (Olgyay, 1963).

L'edificio, come sistema, ha la capacità di adattarsi al variare delle condizioni. L'aspetto responsivo dei componenti edilizi è il comportamento adattivo di tali elementi in condizioni variabili del clima esterno (Gut & Ackerknecht, 1993).

Gli *input* climatici possono innescare tre diversi tipi di approcci responsivi (Looman, 2017): non adattabili, adattabili e *smart*[2]. Le soluzioni non adattabili possono sembrare un paradosso nell'ambito del comportamento responsivo, ma fanno parte del *climate responsive design* perché prevedono misure di risparmio energetico che si concentrano sulla regolazione del comfort e sulla gestione dei

Design with climate con il sottotitolo *Bioclimatic approach to architectural regionalism* fu pubblicato nel 1962. Lippsmeier scrisse il suo libro *Tropenbau* nel 1969. Il libro di Givoni *Man, climate and architecture* del 1969 si basava su una vasta ricerca condotta in Israele.

2 Gli s*mart materials*, chiamati anche materiali intelligenti o responsivi, sono materiali dotati di una o più proprietà che possono essere cambiate e controllate tramite degli stimoli esterni, come la luce, la temperatura, il pH o i composti chimici (Wikipedia, accessed 20 January 2020).

flussi energetici ambientali (ad esempio, isolamento o massa termica). Le misure adattabili cambiano stato in seguito a un determinato intervento mediante un controllo attivo (ad esempio l'apertura di finestre, l'abbassamento delle tende), che può anche essere automatizzato utilizzando interruttori temporizzati, termoregolatori o sensori (l'uso di sistemi intelligenti, che includono curve di apprendimento o comportamenti anticipati, può aumentare le prestazioni delle misure adattabili). A differenza dei sistemi intelligenti che necessitano di uno sforzo computazionale per la loro attivazione, i materiali *smart* incorporano un'intelligenza capace di controllare, sotto un certo stimolo, una risposta e un cambio di proprietà.

Climate responsive urban planning

Un approccio simile a quello proposto per gli edifici è previsto per il *climate responsive urban planning* e sta suscitando un crescente interesse nel campo della ricerca a causa dell'emergenza globale dovuta al cambiamento climatico. La pianificazione e la progettazione urbana hanno un ruolo critico da svolgere nella risposta globale al cambiamento climatico. Secondo l'approccio del *climate responsive urban planning*, le azioni che «contribuiscono a incrementare la resilienza ai rischi climatici dovrebbero essere considerate prioritarie a tutte le scale urbane - regione metropolitana, città, distretto/quartiere, isolato ed edificio» (Raven et al., 2018). Obiettivo principale del *climate responsive urban planning* è il miglioramento delle condizioni termiche e la qualità dell'aria. La valutazione delle caratteristiche micro e macroclimatiche del sito è il primo passo per individuare le strategie di progettazione bioclimatica appropriate (Brophy et al., 2000).

Le principali strategie che guidano le azioni di pianificazione si concentrano sullo studio della forma e della distribuzione degli edifici e dei distretti urbani al fine di fornire raffrescamento e ventilazione; sull'uso di materiali da costruzione a bassa capacità termica e di rivestimenti riflettenti per migliorare il *comfort* di edifici e spazi aperti gestendo lo scambio termico in superficie; sull'aumento della copertura vegetativa (che può contemporaneamente abbassare le temperature esterne, la domanda di raffrescamento degli edifici, il *runoff* e l'inquinamento, immagazzinando CO_2). Parametri specifici vengono di norma analizzati e controllati per misurare il miglioramento della qualità ambientale urbana: ampiezza degli assi stradali, altezza degli edifici, materiali superficiali, *sky view factor* (SVF) e *green cover* (Hien et al., 2012; Philipp et al., 2018).

Valutazione e modellazione del progetto

La complessità insita nella valutazione di adeguate strategie di progettazione *climate responsive*, sia per gli edifici che per gli spazi aperti, ha portato a una progressiva diffusione di strumenti di simulazione digitale per una migliore previsione degli effetti delle alternative progettuali. «A causa della complessità dell'analisi energetica, il computer diventa il tramite vitale nel processo di progettazione/analisi. Agisce come consulente esperto [...] per la comprensione, possibilmente anche intuitiva, delle implicazioni di molte scelte progettuali in condizioni ambientali complesse. [...] Il computer favorisce l'applicazione immediata della conoscenza alla progettazione» (Zdepski, 1986). In molti casi questa conoscenza non è rapidamente o facilmente accessibile; la maggior parte degli strumenti di simulazione produce *output* dettagliati che richiedono tempo, impegno e competenze per essere interpretati.

an and North American modern architects started working in unfamiliar climates of tropics. In the 1950s, architects began to promote the idea that traditional architecture existed in harmony with nature and could educate modern architects on climate responsiveness and resource maximization» (Kabre, 2018).

Recalling Olgyay words in his book Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism, one of the most pioneering books in the field, «the process of building a climate-balanced house can be divided into four steps, of which the last is architectural expression. Architectural expression must be preceded by study of the variables in climate, biology, and technology. The first step towards environmental adjustment is a survey of climatic elements at a given location. […] Since man is the fundamental measure in architecture and the shelter is designed to fulfil his biological needs, the second step is to evaluate each climate impact in physiological terms. As a third step the technological solutions must be applied to each climate-comfort problem. At the final stage these solutions should be combined, according to their importance, in architectural unity. The sequence of this interplay of variables is Climate, Biology, Technology, Architecture» (Olgyay, 1963).

The building as a system has the ability to adapt to changing conditions. The responsive aspect of building elements is the adaptive behaviour of such elements under changing conditions of the outdoor climate (Gut & Ackerknecht, 1993).

Climatic stimuli can trigger three different types of responsive methods (Looman, 2017): non-adaptable measures, adaptable measures and smart materials[2]. The non-adaptable measures may seem as a paradox within the scope of responsive behaviour, but it is part of climate responsive design because it concerns energy-saving measures that focus on comfort provision while managing ambient energy flows (e.g. insulation or thermal mass). Adaptable measures change state by some sort of intervention in the form of active control (e.g. opening windows, lowering blinds), that can also be automated using for example time switches, thermostats or sensors (the use of intelligent systems that include learning curves or anticipated behaviour may increase performance of adaptable measures). Unlike intelligent systems, which need some computational effort to operate, smart materials have embedded intelligence so that it is capable of being controlled in such a way that its re-

2 *Smart materials, called also intelligent or responsive materials, are designed materials that have one or more properties that can be significantly changed in a controlled fashion by external stimuli, such as light, temperature, pH, or chemical compounds (Wikipedia, accessed 20 January 2020)*

sponse and properties change under a certain stimulus.

Climate responsive urban planning

A similar approach to that proposed for buildings is foreseen for climate responsive urban planning and it is arising a growing interest in the research field due to the global climate change emergency. Urban planning and urban design have a critical role to play in the global response to climate change. According to climate responsive urban planning, actions that «build resilience to climate risks should be prioritized at all urban scales – metropolitan region, city, district/neighborhood, block, and building. This needs to be done in ways that are responsive to and appropriate for local conditions» (Raven et al., 2018). The main task of climate responsive urban planning is to improve thermal conditions and air quality. A starting point is the assessment of the micro- and macroclimatic characteristics of the site, that will indicate appropriate bioclimatic design strategies (Brophy et al., 2000). Main strategies that guide planning decisions focus on the study of form and layout of buildings and urban districts in order to provide cooling and ventilation; the use of low heat capacity construction materials and reflective coatings to improve building and open space performance by managing heat exchange at the surface; the increasing of the vegetative cover (that can simultaneously lower outdoor temperatures, building cooling demand, runoff, and pollution, while sequestering carbon). Specific parameters that help to improve urban environment quality are usually studied and controlled: urban corridor width, building height, urban surface materials, sky view factor (SVF) and green cover (Hien et al., 2012; Philipp et al., 2018).

Design assessment and modelling

The complexity embedded in the assessment of the appropriate climate responsive design strategies, both for building and urban spaces, has led to an increasing adoption of digital simulation tools for a greater prediction of the effects of the design alternatives. «Because of the complexity of energy analysis, the computer becomes the vital link in the design/analysis relationship. It acts as an expert consultant […] for the understanding, possibly even intuition, of the implications of many architectural choices in complex environmental situations. […] The computer permits the immediate application of knowledge to design» (Zdepski, 1986). In many cases this knowledge is not quickly or easily accessible; most simulation tools produce detailed output that takes time, effort and skill to be interpreted.

The use of building performance simulation tools especially in the early stages of the design process provide relevant benefits in calculating performance of design decisions and compa-

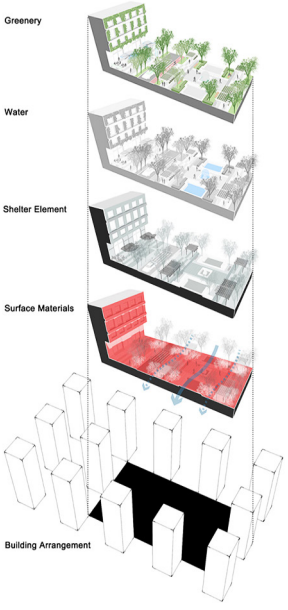
L'uso di strumenti di simulazione delle prestazioni degli edifici, specialmente nelle prime fasi del processo progettuale, offre vantaggi rilevanti nel calcolo delle prestazioni delle opzioni di progetto e nel confronto delle alternative sulla base dei dati di simulazione (Hyde, 2000).

Mentre le simulazioni sugli edifici si concentrano principalmente sulle prestazioni energetiche e sulle condizioni di comfort termico interno, nel campo della pianificazione urbana *climate responsive*, gli strumenti di supporto alle decisioni consentono di visualizzare in modo interattivo come i fattori climatici, gli scenari di progettazione urbana, l'uso dello spazio e i vari indicatori influiscono sulla valutazione del comfort termico esterno.

Tecnologie innovative responsive del prossimo futuro

L'approccio *climate responsive design* sta evolvendo rapidamente grazie alla capacità di implementare nuove metodologie computazionali e alla diffusione di tecnologie emergenti per il rilevamento e la risposta a condizioni *real-time*.

Il *machine learning* e l'intelligenza artificiale sono importanti paradigmi computazionali che forniscono metodi pratici per creare sistemi che hanno la capacità di apprendere, evolvere e rispondere a complessi input ambientali. «Le tecnologie responsive giocano un ruolo fondamentale nel nostro rapporto evolutivo tra sistemi costruiti e sistemi evoluti. [...] Diverse tecnologie che cambiano il panorama delle *responsive technologies* stanno convergendo, come la robotica autonoma, l'intelligenza distribuita, le interfacce biotiche/abiotiche e le reti di rilevamento



	5	4	3	2	1	0
Building arrangement						
Surrounding urban form - singular, linear, courtyard						
Street canyon (H/W)	- 3:1		-		-	less than 1:1
Direction of street canyon	- N/S		-		-	E/W
Permeability / porosity – free ground floor	- more		-		-	less
Greenery						
Green pavements coverage (e.g., grass surfaces) – X %	- high		-		-	low
Trees – shape and density	- high		-		-	low
Green wall surface - X %	- high		-		-	low
Sky garden coverage - X %	- high		-		-	low
Total soft surface coverage ratio - X %	- high		-		-	low
Surface Material						
Various materials on albedo levels - X %	- high		-		-	low
Color on absorption capacity - X %	- low		-		-	high
Water						
Water area coverage (e.g. ponds) - X %	- high		-		-	low
Fountain – place and size						
Shelter Element						
Shading coverage - X %	- high		-		-	low
Shading efficiency - X %	- high		-		-	low

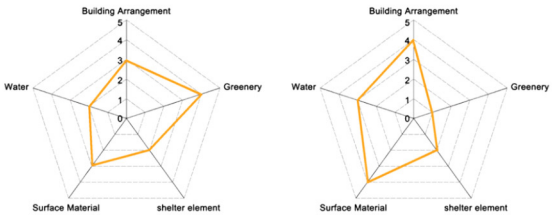


Fig. 2 - Climate responsive design degli spazi pubblici / *Climate responsive design of public space* (Source: Philipp et al., 2018).

ubique» (Cantrell & Holzmann, 2016).

Questo cambiamento di paradigma sta rivoluzionando non solo il modo in cui sono concepiti gli elementi architettonici *climate responsive*, ma anche la riprogettazione delle città per rispondere ai cambiamenti comportamentali e climatici. Nuovi strumenti e processi consentono alle città di trasformarsi in organismi evolutivi, capaci di reagire in tempo reale, mettendo in discussione i solidi principi di durabilità, stabilità o permanenza[3]. Tale scenario prevede l'incontro di competenze multidisciplinari nel campo della progettazione e della pianificazione - informatica, ingegneria, progettazione ambientale, scienze comportamentali - per analizzare forme e quantità di dati specifici rilevanti per i flussi e il tessuto delle città del futuro. Approfondimenti di psicologia urbana aprono alle dimensioni uomo-ambiente, centrali per espandere le possibilità responsive, interattive e partecipative dell'*Information Technology* (Philipp et al., 2018).

3 Convegni internazionali, ricerca avanzata e concorsi di design si concentrano sempre più sul tema degli scenari futuri delle città responsive. Tra i tanti, il *7th Advanced Architecture Contest* tenutosi nel 2018 e promosso dall'*Institute for Advanced Architecture of Catalonia* (IAAC) ha scelto come tema la *Responsive City*: l'obiettivo del concorso era quello di promuovere la discussione e la ricerca attraverso cui generare intuizioni e visioni, idee e proposte per immaginare come sarà la città e l'habitat del XXI secolo (http://past.advancedarchitecturecontest.org/responsive-cities/).

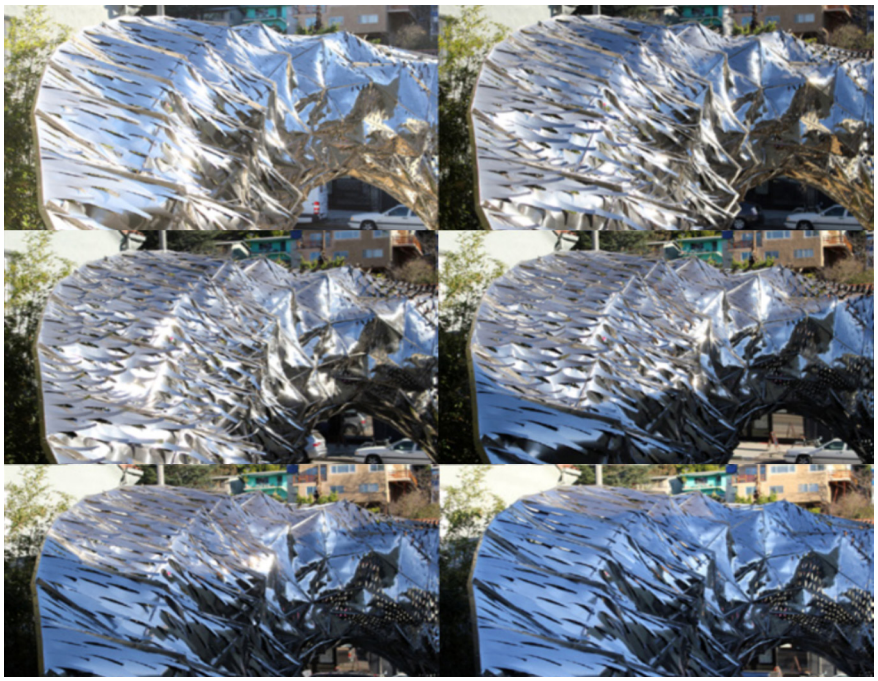


Fig. 3 - Tessere in termo-bimetallo. Bloom, dO|Su Studio Architecture Los Angeles, California, 2011 / T*hermobimetal tiles. Bloom, dO|Su Studio Architecture Los Angeles, California, 2011* (Source: Sung, 2012).

ring design alternatives based upon simulation results (Hyde, 2000). While building simulations mainly focus on energy performance and indoor thermal comfort conditions, in the field of climate responsive urban planning, decision support tools interactively visualize how climatic factors, urban design scenarios, spatial use and various acceptability criteria impact the outdoor thermal comfort assessment.

Innovative responsive technologies of the coming era

The approach to climate responsive design is rapidly changing due to the ability to implement new computational methodologies and the spread of emerging technologies for sensing and responding to real-time conditions. Machine learning and artificial intelligence are important computational paradigms that provide practical methods to create systems that have the ability to learn, evolve, and respond to complex environmental inputs. «Responsive technologies play a pivotal role in our evolving relationship between constructed and evolved systems. […] Several technologies that change the landscape of responsive technologies are converging, including autonomous robotics, distributed intelligence, biotic/abiotic interfaces, and ubiquitous sensing networks» (Cantrell & Holzmann, 2016).

This paradigm shift is changing not only the way in which climate responsive building elements are conceived, but also the re-designing of cities to respond to changing climate behaviour and conditions. New tools and processes allow cities to transform themselves into evolutionary organisms, able to react in real time, questioning the solid principles of durability, stability or longevity[3]. The scenario brings together multidisciplinary expertise in the design and planning field - computer science, engineering, environmental design, behavioural science - to analyse distinctive forms and quantities of data relevant to the flows and fabric of future cities. Insights from urban psychology open human-environment dimensions that are central to expand the responsive, interactive and participatory possibilities of information technology (Philipp et al., 2018).

3 International symposium, advanced research and design competition are increasingly focusing on the topic of responsive cities' future scenario. Among many, the 7th Advanced Architecture Contest held in 2018 and promoted by the Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC) selected as theme the Responsive City: the aim of the competition was to promote discussion and research through which to generate insights and visions, ideas and proposals that help us envisage what the city and the habitat of the 21st century will be like (http://past.advancedarchitecturecontest.org/responsive-cities/).

References

Brophy, V., O'Dowd, C., Bannon, R., Goulding, J., & Lewis, J. O. (2000). *Sustainable urban design*. Energy Research Group, University College Dublin.

Brown, G. Z. & DeKay, M. (2001) *Sun, Wind and Light - Architectural design strategies* (2nd edition). New York: John Wiley and Sons, Inc.

Cantrell, B. & Holzmann, J. (2016), *Responsive Landscapes. Strategies for Responsive Technologies in Landscape Architecture*, Routledge, London.

Gut, P. & Ackerknecht, D. (1993), *Climate responsive building. Appropriate building construction in tropical and subtropical regions*, SKAT.

Haque, U. (2002), *Hardspace, softspace and the possibilities of open source architecture*, available at http://haque.co.uk/papers/hardsp-softsp-opensoarch.PDF, (accessed 20 January 2020).

Hastings, R.S. (1989), "Computer Design Tools for Climate-Responsive Architecture", *Solar and Wind Technology,* vol. 6, issue 4, pp. 357-363.

Hien, N. W., Jusuf S., Samsudin, R., Eliza, A. & Ignatius, M. (2012), "A Climatic Responsive Urban Planning Model for High Density City: Singapore's Commercial District", *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, vol.2, n.4, pp. 323-330.

Hyde, R. (2000), *Climate Responsive Design. A study of buildings in moderate and hot humid climates*, Spon Press, London.

Kabre,C. (2018), *Sustainable Building Design. Applications Using Climatic Data in India*, Springer Singapore, Singapore.

Krishan, A., Baker, N, Yannas, S. & Szokolay, S.V. (eds) (2001), *Climate responsive architecture: a design handbook for energy efficient buildings. Part II*. Tata McGraw-Hill Education, New Delhi.

Kushner, M. (2015), *The Future of Architecture in 100 Buildings*, TED Books, Simon & Schuster, New York.

La Roche, P. & Liggett, R. (2001), "Very simple design tools: A web based assistant for the design of climate responsive buildings", *Architectural Science Review*, vol. 44, pp. 437-448.

La Roche, P. (2008), *Teaching Climate Responsive Design to Beginning Students*, paper presented at the Teaching in Architecture International Conference, Oxford, UK.

Looman, R. (2017), *Climate-responsive design. A framework for an energy concept design-decision support tool for architects using principles of climate-responsive design*, Architecture and the Built Environment n.1, TU Delft.

Looman, R. H. J., Cauberg, J.J.M., van den Dobbelsteen, A.A.J.F., van Timmeren, A. & Tenpierik, M.J. (2007), *Climate-responsiveness of building elements*, proceedings of the 24th conference on Passive and Low-Energy Architecture, Singapore.

Olgyay, A. & Olgyay, V. (1957) *Design with climate*. Princeton University Press, Princeton.

Olgyay, V. (1963) *Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press, New Jersey.

Philipp C., Berger M., Badreddine H., Ming X., Xusheng H., Melnikov V., Ojha V. & Griego D. (2018), *Cooler Calmer Singapore Impact Project. Urban Climate Research: Modelling, Simulation, Urban Design & Individual Thermal Comfort*, available at https://www.researchgate.net/publication/327415941_Cooler_Calmer_Singapore_Impact_Project_2nd_edition (accessed 20 January 2020).

Raven, J., Stone, B., Mills, G., Towers, J., Katzschner, L., Leone, M., Gaborit, P., Georgescu, M., & Hariri, M. (2018). "Urban planning and design",in Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, & S. Ali Ibrahim (eds), *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, New York.

Sung, D. K. (2018), "A New Look at Robotics in Architecture: Embedding Behavior with Smart Materials", in Bier, H. (ed) *Robotic Building. Springer Series in Adaptive Environments*, Springer, Cham.

Sung, D. (2012), *Designing zero-energy building components with smart thermobimetals. A Proposal for the [Next Idea] Voestalpine Art and Technology Grant*, available at https://archive.aec.at/media/assets/7a0e4301b8a1a65f90b381f92f53dfb9.pdf, (accessed 20 January 2020).

Watson, D. (2013), "Bioclimatic Design", in Loftness V. & Haase D. (eds) *Sustainable Built Environments*, Springer, New York.

Yannas, S. (1989) "Physics and architecture. Issues of knowledge transfer and translation to design, Solar & Wind Technology", vol. 6, issue 4, pp. 301-308.

Zdepski, S. (1986), "Architectural diversity through climate responsive design" in Bilgen E. & Hollands K.G.T. (eds), *Intersol Eighty Five*, Proceedings of the Ninth Biennial Congress of the International Solar Energy Society, Elsevier.

Design Complexity

Francesca La Rocca, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

Le scienze della complessità hanno avuto un influsso importante sulla cultura del progetto, sviluppandosi in particolare a partire dagli anni '80, e vanno ritenute la base per una progettazione sostenibile; implicano una nuova visione di collaborazione tra cultura scientifica e umanistica, tra settori della scienza tradizionalmente non contigui.

Nel noto saggio "La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza", Ilya Progogine e Isabelle Stengers scrivono: «È ormai tempo per nuove alleanze, alleanze da sempre annodate, per tanto tempo misconosciute, tra la storia degli uomini, delle loro società, dei loro saperi e l'avventura esploratrice della natura» (Prigogine & Stengers, 1981, p. 108). L'approccio del progetto volto alla sostenibilità ambientale si forma facendo propri i concetti base delle teorie della complessità, per rielaborarli criticamente.

La voce di glossario si presenta quindi come una ricognizione di concetti fondativi, mobili e nomadi, attinti in prima istanza da discipline diverse, che contribuiscono a sostanziare scientificamente la nozione di design complexity. Una prima definizione di *design complexity* si fonda sull'idea che la modellizzazione nel progetto implica la semplificazione più come un'arte che come un metodo chiuso. Il problema diviene non più quello di ridurre la complessità o evitarla, ma di cercare i mezzi per descriverla; di comprendere in qual modo è possibile costruire un modello dei sistemi su cui intervenire senza eliminarne le singolarità, ovvero abbandonando un approccio astratto e basandosi su una familiarità concreta con il problema. Questa impostazione implica il riconoscimento che la complessità non è nella natura delle cose, quanto nella rappresentazione che ne costruiamo, ossia le nostre risposte progettuali sono relative in primo luogo alle questioni che si sceglie di porre. In tal senso imposta il problema Jean Louis Le Moigne, collegando ricorsivamente "progettazione della complessità" e "complessità della progettazione", e affermando il postulato d'ambiguità deliberato della corrispondenza tra il fenomeno modellizzato e il modello stabilito dal sistema osservante.

La *design complexity* è dunque una concezione aperta che, come osserva Le Moigne, porta a «privilegiare la progettazione delle sequenze di comportamenti possibili (potenziali), piuttosto che l'analisi della sequenza dei comportamenti ritenuti necessari (attuali)» (Le Moigne, 1985). L'evoluzione del termine, tra paradigmi scientifici e discipline del progetto, segue dei percorsi di cui qui di seguito si riscostruiscono riferimenti, implicazioni e contesti culturali salienti.

Developing since the 1980s, complexity sciences strongly influenced design culture and should be considered the basis for sustainable design, as they imply a new vision of collaboration between scientific and humanistic culture, between traditionally not contiguous science fields. In the well-known essay "The New Alliance. Metamorphosis of science", Ilya Progogine and Isabelle Stengers write: «It is now time for new alliances, alliances that have always been knotted, for so long unrecognized, between the men's history, their societies, their knowledge and the exploratory adventure of nature» (Prigogine & Stengers, 1981, p. 108). The project's approach to environmental sustainability adopts the basic concepts of complexity theories, to rework them critically. The glossary entry therefore is a reconnaissance of founding concepts, mobile and nomadic, drawn first from different disciplines, contributing to scientifically substantiate the notion of design complexity. A first definition of design complexity is based on the idea that modelling in design implies simplification more as an art than as a closed method. It is no longer to reduce complexity or avoid it, but to seek the means to describe it; to understand how it is possible to construct a model of systems on which to intervene without eliminating singularities, or abandoning an abstract approach and relying on a familiarity with the problem. This approach implies to admit that complexity is not in the nature of things, but in the representation we construct of them, which means that our design responses are primarily related to the questions we choose to ask. In this sense, Jean Louis Le Moigne sets the problem by recursively linking "design of complexity and complexity of design" and affirming the deliberate ambiguity postulate of the correspondence between the modelled phenomenon and the model established by the observing system. Design complexity is therefore an open conception which, as Le Moigne observes, leads to «favouring the design of the sequences of possible (potential) behaviours, rather than the analysis

of the sequence of behaviours considered necessary (current)» (Le Moigne, 1985). The evolution of the term between scientific paradigms and design disciplines follows some paths of which here we rediscover references, implications, and salient cultural contexts.

Emergency of Complexity Sciences and Design

*The concept of a complex system is at the basis of the paradigms of science that were established in the 1980s, with the convergence of many disciplines: thermodynamics of systems far from equilibrium, biology, post-Darwinian evolution theories, chaos and catastrophe theory, epistemology and philosophy of science, information theory. The best-known text in Italy spreading the new approach of the complexity sciences, opening to the contributions of prestigious international scientists and thinkers is "*Le scienze della complessità"*, edited by Gianluca Bocchi and Mauro Ceruti and appeared in 1986. Two years later Ceruti and Ervin Laszlo curated "*Physis: abitare la terra*", in which it is even more evident how the new epistemological paradigms promote new directions towards sustainable development. What emerges is a panorama of crisis in classical science and a transition towards neo-organicist thinking, which has ecological implications and orients the sustainable project. The sciences of complexity aim to overcome the aporiae of mechanicism, raising the problem of the substantial irreducibility of many problems; they invite us to a critical, restless and nomadic reason (Stengers, 1988), exploring unorthodox versions of rationality (Elster, 1989). On these assumptions, design complexity naturally opens to an interplay between disciplines, considering the limits of any deterministic and closed approach. A situation of "ontological complexity" referable to the systems for which we design induces, according to V. I. Vernadskij, to pass from «a specialization by disciplines to a specialization by problems» (Chiapponi, 1989, p. 50).*

*We can cite three essays that, appearing almost at the same time, testify how in the early 1990s the vision proposed by the emerging scientific paradigms of complexity led to the development of critical thinking for the project. These are: "Ambiente: gestione e strategia. Un contributo alla teoria della progettazione ambientale", by Medardo Chiapponi in 1989, "*Artifacts: Towards a New Ecology of the Artificial Environment*" by Ezio Manzini in 1990; "Three theorems for an ecology of the artificial world" by Andrea Branzi, published in the same year. The former essay is defined by Tomàs Maldonado as one of the first successful attempts to order research related to the management of the environmental crisis and the design strategies that follow. The entire observer/environment is defined as a "polysystemic whole", for which autopoiesis is the necessary condition*

Emergenza delle scienze della complessità e progetto

Il concetto di sistema complesso è alla base dei paradigmi della scienza che si affermano negli anni ’80, con la convergenza di molte discipline: termodinamica dei sistemi lontani dall’equilibrio, biologia, teorie dell’evoluzione post-darwiniane, teoria del caos, teoria delle catastrofi, epistemologia e filosofia della scienza, teoria dell’informazione.

Il testo più noto che in Italia diffonde il nuovo approccio delle scienze della complessità, aprendo ai contributi di prestigiosi scienziati e pensatori internazionale è “Le scienze della complessità”, curato da Gianluca Bocchi e Mauro Ceruti ed apparso nel 1986. Due anni dopo Ceruti e Ervin Laszlo curano “Physis: abitare la terra”, in cui è ancor più evidente come i nuovi paradigmi epistemologici promuovano nuove direzioni verso uno sviluppo sostenibile. Ne emerge un panorama di crisi della scienza classica e di transizione verso un pensiero neo-organicista, che ha risvolti spiccatamente ecologici ed orienta il progetto sostenibile.

Il riconoscimento della complessità dei sistemi, in particolare degli ecosistemi che con più evidenza interesecano natura/artificio, fonda la nozione di design complexity. Le scienze della complessità mirano a superare le aporie del meccanicismo, sollevando il problema dell’irriducibilità sostanziale di molte problematiche; ci invitano ad una ragione critica, inquieta e nomade (Stengers, 1988), esplorando versioni non ortodosse della razionalità (Elster, 1989). Su questi presupposti, la *design complexity* si apre naturalmente ad un *interplay* tra le discipline, tenendo conto dei limiti di qualsiasi approccio determinista e chiuso. Una situazione di “*ontological complexity*” riferibile ai sistemi per i quali progettiamo induce secondo V. I. Vernadskij a passare da «una specializzazione per discipline a una specializzazione per problemi» (Chiapponi, 1989, p. 50).

Possiamo citare tre saggi che, apparsi quasi in contemporanea, testimoniano come all’inizio degli anni ’90 la visione proposta dagli emergenti paradigmi scientifici della complessità porti allo sviluppo di un pensiero critico per il progetto. Si tratta di: “Ambiente: Gestione e strategia. Un contributo alla teoria della progettazione ambientale”, di Medardo Chiapponi del 1989; “Artefatti. Verso un’ecologia dell’ambiente artificiale di Ezio Manzini del 1990; “Tre teoremi per un’ecologia del mondo artificiale” di Andrea Branzi, edito nello stesso anno.

Il primo saggio è definito da Tomàs Maldonado tra i primi riusciti tentativi di fare ordine nelle ricerche attinenti alla gestione della crisi ambientale e delle specifiche strategie progettuali che ne conseguono. L’insieme osservatore/ambiente è definito come un “tutto polisistemico”, per il quale l’autopoiesi è la condizione necessaria per la sua esistenza e la cui complessità fa sì che sia da considerarsi un “superorganismo”. Il metodo della progettazione ambientale non si colloca in un orizzonte determinista, ossia agli antipodi della creatività, dell’innovazione e della scoperta. Al contrario, sostiene Chiapponi, la *cross-fertilization* tra i campi del sapere fa sì che diversi approcci metodologici possano trasferirsi proficuamente da una componente ambientale all’altra, inaugurando continue innovazioni e tecniche di modellazione interscalari. Queste trovano un limite nella parziale incompletezza di qualsiasi sistema di misura che pretenda di dar conto una volta per tutte della “qualità della vita” (Chiapponi, p. 101). Il discorso sviluppato da Manzini afferma «la necessità di riconoscere che il complesso della produzione umana deve inserirsi in cicli di trasformazione della materia e dell’energia che, in prospettiva, disturbino il meno possibile il prodursi e riprodursi dei cicli naturali

sui quali si basa la possibilità della nostra esistenza» (Manzini, 1990, p. 93).

Il primo teorema che Branzi inserisce nel suo scritto è l'ecologia della complessità. Parte dalla constatazione che «come nella natura, l'ambiente artificiale che ci circonda è costituito da una logica policentrica ed estremamente differenziata. Nell'ambito metropolitano coesistono e si equilibrano logiche produttive e tecnologiche estremamente contrastanti» (Branzi, 1990, p. 22). Tale diversità rappresenta una condizione antropologica da gestire e non da cancellare: il progetto di design deve cessare di fare la guerra per una "omologazione progettabile del mondo" e promuovere invece la ricchezza dell'ambiente, fatta di complessità di oggetti e relazioni nel binomio natura/artificio.

Da angolazioni diverse emerge nei tre autori una visione che riconosce la complessità come vincolo ma anche come possibilità: un sistema ambientale altamente interconnesso è anche soggetto all'amplificazione di piccole perturbazioni, ma un alto grado di complessità si dà anche come ricchezza e presupposto per la resilienza. Su questi assunti la design complexity mira a indicare una via del progetto rinnovata nei suoi presupposti teorici quanto praticabile nella sua metodologia.

Complessità come paradigma incompiuto

La *design complexity*, deve tener conto dell'impossibilità di pensare ad un paradigma compiuto della complessità. La visione di un mondo complesso non può come tale sostituirsi a un'altra visione scientifica del mondo. La nozione stessa di visione del mondo, come punto di vista a partire dal quale può tenersi un discorso unificante, è al centro dell'interrogazione e della critica che la sfida della complessità pone alla scienza occidentale classica. Fatta tale premessa, sono però individuabili una serie di vie della complessità, che ruotano attorno ad una serie di nozioni dell'epistemologia contemporanea: non si tratta di nozioni chiuse, ma di concetti nomadi, in grado di influenzare differenti ambiti culturali, propagandosi dall'uno all'altro con sfumature di senso di volta in volta diverse. Tra le vie della complessità più influenti per il progetto si segnalano (Morin, 1985):

1. *Irriducibilità del caso e del disordine*. Noi non possiamo dimostrare se quello che ci sembra caso non sia invece dovuto alla nostra ignoranza; dobbiamo constatare come il disordine e il caso sono presenti nell'universo e svolgono un ruolo attivo nella sua evoluzione. L'universo dell'organizzazione, nato per il caso degli incontri, si conserva per ordine, necessità, ma soprattutto per qualità, facendo sopravvivere e perdurare ciò che altrimenti avrebbe dovuto dissolversi e disperdersi.
2. *Superamento dei limiti dell'astrazione universalistica che eliminava la singolarità, la località e la temporalità*. Non è possibile ridurre il singolare ed il locale ricorrendo all'universale, ma bisogna riconoscere il carattere realmente costruttivo dei processi della storia. I processi evolutivi dipendono sempre da un'interazione irresolubile tra meccanismi generali che operano come vincoli – le "leggi" – e la varietà, l'individualità, la singolarità spazio-temporale degli eventi.
3. *Principio dell'"order from noise"*. Tale principio indica che da un'agitazione o da una turbolenza disordinata possono nascere fenomeni ordinati, o meglio ancora, organizzati e coerenti nel loro funzionamento. Esso si oppone sia all'idea dell'"order from order" (ossia che i fenomeni ordinati discendono da leggi

for its existence and whose complexity leads to consider it a "superorganism". The method of environmental design is not located in a deterministic horizon, at the antipodes of creativity, innovation and discovery. On the contrary, says Chiapponi, the cross-fertilization between the fields of knowledge means that different methodological approaches can profitably transfer from one environmental component to another, inaugurating continuous innovations and interscalar modelling techniques. All of these find a limit in the partial incompleteness of any measuring system that claims to account once and for all for the "quality of life" (Chiapponi, p. 101).

The Manzini's discourse affirms «the need to recognize that the complex of human production must be inserted in cycles of transformation of matter and energy which disturb as little as possible the reproduction of the natural cycles on which the possibility of our existence is based» (Manzini, 1990, p. 93). The first theorem that Branzi inserts in his writing is the ecology of complexity. It starts observing that «as in nature, the artificial environment surrounding us is constituted by a polycentric and extremely differentiated logic. In the metropolitan environment contrasting productive and technological logics coexist and balance». This diversity represents an anthropological condition to manage and not to cancel: the design project must stop making war for a "designable homologation of the world", instead promoting the richness of the environment, with complexity of objects and relations in the binomial nature/artifice (Branzi, 1990, p. 22). From different angles a vision emerges in the three authors recognizing complexity as a constraint but also as a possibility: a highly interconnected environmental system is also subject to the amplification of small perturbations, but a high degree of complexity is also given as richness and a prerequisite for resilience. On these assumptions, design complexity aims at indicating a way of the project renewed in its theoretical premises as well as feasible in its methodology.

Complexity as an unfinished paradigm

The design complexity must consider the impossibility to think of a complete paradigm of complexity. The vision of a complex world cannot replace another scientific vision of the world. However, a series of paths of complexity can be identified, which revolve around a series of notions of contemporary epistemology. These are not closed notions, but nomadic concepts, capable of influencing different cultural spheres, propagating from one to the other with different shades of meaning from time to time. Among the most influential ways of complexity for the project are (Morin, 1985):

1. *Irreducibility of the case and disorder. We cannot demonstrate whether what seems to us to be chance is not due to*

our ignorance; we must see how disorder and chance are present in the universe and play an active role in its evolution. The universe of organization, born for the case of meetings, is preserved by order, necessity, but above all by quality, making survive and persist what should otherwise dissolve and disperse.

2. *Overcoming the limits of universalistic abstraction eliminating singularity, location and temporality. It is not possible to reduce the singular and the local by resorting to the universal, but one must recognize the truly constructive character of the processes of history. Evolutionary processes always depend on an irresoluble interaction between general mechanisms that operate as constraints - the "laws" - and the variety, individuality, space-time singularity of events.*
3. *Principle of "order from noise". This principle indicates that from an agitation or disorderly turbulence can arise orderly phenomena, or better still, organized and coherent in their functioning. It opposes both the idea of "order from order" (meaning that ordered phenomena derive from rigid laws) and the principle of "order from disorder" (global ordered phenomena as a statistical consequence of disorderly and random phenomena at local level).*
4. *Hologrammatic principle. The hologram is a physical image whose qualities depend on the fact that each point contains almost all the information of the whole. Systems of high complexity have this organization: each of the smallest subsystems, even the most modest contains the whole information of the system. In this sense we can say not only that the part is in the whole, but also that the whole is in the part.*
5. *Principle of recursive organisation. Recursive organisation is that organisation whose effects and products are necessary for its own causation and production. To understand any complex phenomenon it is therefore necessary to abandon linear explanation and adopt moving, circular explanation, to try to understand the phenomenon going recursively from the parts to the whole and from the whole to the parts. This principle is closely connected to the apparently paradoxical problem of self-organization.*
6. *Reintegration of the observer into the observed system. The observer is never a condition outside the field of observation. The integration of the observer into the system described corresponds not only to the limitation of an absolute point of view in the observation of a reality, but constructively implies the recognition of the irreducible plurality of points of view in the constitution of a cognitive universe.*

Nomadic concepts. An interdisciplinary reconnaissance

According to Stengers, "nomadic concepts" are specifical-

rigide), sia al principio dell' "*order from disorder*" (i fenomeni ordinati globali come conseguenza statistica di fenomeni disordinati e aleatori a livello locale).

4. *Principio ologrammatico*. L'ologramma è un'immagine fisica le cui qualità (prospettiche, di colore ecc.) dipendono dal fatto che ogni suo punto contiene quasi tutta l'informazione dell'insieme che l'immagine rappresenta. I sistemi ad alta complessità possiedono un'organizzazione di questo genere: ognuna dei più piccoli sottosistemi, anche il più modesto, come può essere per un organismo una cellula dell'epidermide, contiene l'informazione di tutto il sistema nel suo insieme. Naturalmente solo una piccola parte di questa informazione è espressa nel sottosistema, mentre il resto è inibito. In questo senso possiamo dire non soltanto che la parte è nel tutto, ma anche che il tutto è nella parte.
5. *Principio dell'organizzazione ricorsiva*. L'organizzazione ricorsiva è quella organizzazione i cui effetti e i cui prodotti sono necessari per la sua stessa causazione e per la sua stessa produzione. Per capire qualsiasi fenomeno complesso è necessario quindi abbandonare un tipo di spiegazione lineare ed adottare un tipo di spiegazione in movimento, circolare, una spiegazione in cui per cercare di comprendere il fenomeno si va ricorsivamente dalle parti al tutto e dal tutto alle parti. Tale principio è strettamente connesso al problema apparentemente paradossale dell'auto-organizzazione.
6. *Reintegrazione dell'osservatore nel sistema osservato*. L'osservatore non è mai una condizione esterna al campo di osservazione. L'integrazione dell'osservatore nel sistema descritto corrisponde non solo alla limitazione di un punto di vista assoluto nell'osservazione di una realtà, ma implica costruttivamente il riconoscimento dell'irriducibile pluralità dei punti di vista nella costituzione di un universo cognitivo. Ciò che appare come rumore dal punto di vista di un osservatore collocato all'interno del sistema, può apparire informazione a che è collocato da un punto di vista esterno al sistema.

Concetti nomadi. Una ricognizione interdisciplinare

"Concetti nomadi" sono specificamente, secondo Stengers, quelle acquisizioni che, propagandosi da una disciplina all'altra, concorrono a costruire uno scenario della complessità, la base per una "nuova alleanza" tra scienze morbide e scienze dure. Va detto innanzitutto che le scienze della complessità rivedono in nuova luce il problema generale dell'ordine e del disordine, nelle scienze fisiche, in quelle biologiche, nell'ecosistema come nei sistemi umani. Partendo ad esempio dalla nozione di entropia – nei suoi significati di degradazione dell'energia, degradazione dell'ordine degradazione dell'organizzazione – che nasce in campo fisico come secondo principio della termodinamica, l'idea di un universo naturalmente armonioso diviene più difficile da pensare. Questa triplice degradazione obbedisce infatti ad un processo irreversibile nell'ambito dei sistemi fisici chiusi. Ludwig Boltzmann sviluppa il concetto in ambito statistico già negli anni '70 del XIX secolo, dimostrando come le configurazioni disordinate siano le più probabili e le configurazioni ordinate le meno probabili. Il disordine e la disorganizzazione si identificano quindi per un sistema chiuso con la maggiore probabilità fisica. A partire da questo momento l'evidenza ontologica dell'ordine e del disordine viene capovolta: il problema non è più «perché c'è disordine nell'universo benché vi regni l'ordine universale?», ma «perché c'è dell'ordine e dell'organizzazione nell'universo?». Ordine e organizzazione, come tiene a precisare Edgar Morin, di-

vengono problema e mistero: devono ogni volta ed in ogni campo essere spiegati, giustificati, legittimati (Morin, 1987).

Allo stesso tempo dal punto di vista della *design complexity* è fuorviante identificare, secondo le nozioni della scienza classica, l'ordine con l'equilibrio e il disordine con lo squilibrio: il "cristallo" rappresenta una struttura ordinata, ma incapace di evoluzione, mentre il "fumo" rappresenta un sistema totalmente instabile, privo di qualsiasi coesione. Tra il cristallo e il fumo, secondo l'espressione di Atlan, in un campo intermedio tra questi due estremi è pensabile un tipo ordine che si dà come coerenza di funzionamento, performatività e resilienza del sistema, cui appartiene senz'altro il vivente (Atlan, 1986). Questa "terra di mezzo" sembra realisticamente vicina ai modelli dell'abitare umano e in particolare, nel nostro caso, agli obiettivi cui può tendere in concreto una cultura progettuale per la vivibilità e sostenibilità.

Tra i concetti base che appaiono più influenti ai fini della comprensione di una *design complexity* si segnalano anche quelli di "autonomia e coevoluzione", strettamente correlati tra loro. L'autonomia è ben definita da Humberto Maturana e Francisco Varela come il carattere attivo di un sistema in comunicazione con l'ambiente esterno. In questa condizione possiamo dire che l'ambiente non determina la natura del sistema in quanto tale, la sua unità ed identità, ma è piuttosto il sistema stesso che seleziona fra tutti gli stimoli dell'ambiente quelli ammissibili. La sua "chiusura organizzazionale" implica infatti che il sistema sia contemporaneamente aperto nella sua struttura, scambiando di materia ed energia con l'ambiente, ma chiuso nella sua organizzazione, ossia la relazione tra le sue componenti che rimanere invariante ai fini della conservazione della sua identità. Sistema e ambiente possono quindi essere fonte di cambiamenti reciproci, ma in un regime di "compatibilità delle trasformazioni", ossia di coevoluzione e vivibilità (Maturana & Varela, 1987).

L'idea di sistema auto-organizzato è anche di notevole importanza e, formulato in prima istanza nel settore della fisica dei sistemi termodinamici lontani dall'equilibrio, si configura subito come spiccatamente transdisciplinare. Un sistema autoorganizzato è necessariamente ridondante, ed è dotato di alta resilienza e adattabilità, ma ha qualcosa in più che lo caratterizza. I sistemi auto-organizzati sono ad alta complessità, lontani dall'equilibrio, e in forte comunicazione con l'ambiente esterno. In essi si manifestano spontaneamente e delle forme di organizzazione inaspettate dotate di una certa stabilità: *order form noise* o *order from complexity* sono gli "slogan" che li riguardano. Le perturbazioni ambientali nel loro caso non portano necessariamente alla distruzione del sistema, ma possono invece condurlo ad un grado di organizzazione superiore a quello iniziale. L'aspetto interessante, segnalato da molti autori su base sperimentale, è che i sistemi auto-organizzati non solo sono in grado di non essere distrutti dal caso, dal rumore, ma persino di trasformarlo in fattore di ordine (Atlan, 1986). Nel caso dell'adattamento si suppone che il sistema riceva dall'ambiente degli impulsi organizzati, che si integrano con la sua organizzazione interna; si parla invece di autoorganizzazione quando la natura degli avvenimenti che agiscono sul sistema non ha alcuna relazione causale con il tipo di organizzazione che comparirà nella sua configurazione modificata (Dupuy, 1986). In un sistema auto-organizzato inoltre l'output, la conseguenza, la risposta ecc., diventano parte dell'input, della causa, dello stimolo. È da notare come meccanismi interconnessi di *feed-back* siano alla base della ricorsività

ly those acquisitions that propagate from one discipline to another, contributing to build a scenario of complexity, basis for a "new alliance" between soft and hard sciences. The sciences of complexity first review in a new light the general problem of order and disorder, in the physical and biological sciences, in the ecosystem as in human systems. Order and organization, as Edgar Morin points out, become problem and mystery: they must be explained, justified and legitimized every time and in every field (Morin, 1987). At the same time from the point of view of design complexity it is misleading to identifyorder with balance and disorder with imbalance, according to the notions of classical science. The "crystal" represents an ordered structure, but incapable of evolution, while the "smoke" represents a totally unstable system, devoid of any cohesion. Between the crystal and the smoke, according to Atlan's expression, in an intermediate field between the two extremes is conceivable a type of order as coherence of functioning, performativity and resilience of the system, to which the living person undoubtedly belongs (Atlan, 1986). This "middle ground" seems realistically close to the models of human living and, in our case, to the objectives to which a design culture for liveability and sustainability can concretely aspire. Among the basic concepts that appear to be most influential in design complexity there are also autonomy *and* co-evolution*, closely related to each other. Autonomy is well defined by Humberto Maturana and Francisco Varela as the active character of a system in communication with the external environment. In this condition we can say that the environment does not determine the nature of the system as such, its unity and identity. It is rather the system itself that selects among all the stimuli of the environment the admissible ones. In fact, its organizational closure implies that the system is simultaneously open in its structure, exchanging matter and energy with the environment, but closed in its organization, that is the relationship between its components remaining unchanged for preserving its identity.*

System and environment can therefore be a source of mutual change, but in a regime of compatibility of transformation*, that is co-evolution and liveability (Maturana & Varela, 1987). The idea of a self-organized system is also of considerable importance and, formulated in the first instance in the field of physics of thermodynamic systems far from equilibrium, it is immediately configured as transdisciplinary. A self-organized system is necessarily redundant and has high resilience and adaptability, but it has something more characterizing. Self-organized systems are highly complex, far from equilibrium, and in strong communication with the external environment. In them unexpected forms of organization with a certain stability spontaneously manifest themselves: order form noise or order from*

complexity concern them. Environmental disturbances in their case do not necessarily lead to the destruction of the system but can instead lead it to a higher degree of organization. The interesting aspect, reported by many authors on an experimental basis, is that self-organized systems are not only able not to be destroyed by chance, by noise, but even to transform it into an order factor (Atlan, 1986). Reasoning within the concept of the project, it should be noted again how the complexity sciences had the great merit of reintegrating the observer (in our case an observer/actor: the designer), within his own visions. Manifesto of this idea is Maurits C. Escher's well-known painting "The Prints Gallery" from 1956. Here we see a visitor to an exhibition of paintings which, ambiguously, are transformed into the very environment in which the subject is immersed, becoming an integral and influential part of the observed object. The relationship between the observing and observed system becomes direct and problematic: every knowledge presupposes a knowing mind with possibilities and limits of the human brain, and whose substratum, logical, linguistic, informational, comes from a hic et nunc *culture and society. Classical science had neutralized this problem, because the "scientist" was always out of the field like a photographer. Observations were therefore a mere reflection of real things, and any subjectivity (identified with error) could be eliminated through the concordance of observations and the verification of experiences. The sciences of complexity sensitized us to this ineliminable presence of the observer, who must always give account of his own visions as choices (Morin, 1987).*

In this paradigm shift the concept of constraint emerges: the real world provides the subset of what exists, while the space-product represents the observer's uncertainty. Therefore, the product space can change if the observer changes; and two different observers can legitimately use two different product spaces to record the same set of real events. The constraint is thus a relationship between the observer and the object (von Foerster, 1987). As an expression of constraints, a certain law defines in relation to given conditions the limits of the possible. But as Mauro Ceruti observes, the constraint is also opportunity, not simply imposing itself on a pre-existing reality, but participating in the construction of an integrated structure, determining a spectrum of intelligible and new consequences on occasion (Ceruti, 1986). This scenario changes the conception of the designer's figure in the face of the complexity of the natural/artificial environment he must deal with. Human creativity results as the singular expression of a character that is common at all levels of nature. The designer loses the infallibility of the one-best-way, but somehow acquires autonomy of thought and can claim his true projective capacity towards the future;

nell'organizzazione dei sistemi complessi e ciò rende particolarmente difficile districare i nessi di casualità dei fenomeni (von Foerster, 1987).

Ragionando all'interno della concezione del progetto va rilevato ancora come le scienze della complessità abbiano avuto il grande merito di reintegrare l'osservatore (nel nostro caso un osservatore/attore: il progettista), all'interno delle proprie visioni. Manifesto di quest'idea il noto quadro di Maurits C. Escher, "La galleria delle stampe" del 1956. Qui si vede un visitatore di una mostra di quadri che, ambiguamente, si trasformano nell'ambiente stesso in cui è immerso il soggetto, che diviene così parte integrante e influente dell'oggetto che osserva.

Il rapporto stesso tra sistema osservante e osservato diviene quindi dirimente e problematico: ogni conoscenza presuppone una mente conoscente le cui possibilità e i cui limiti sono quelli del cervello umano, e il cui substrato, logico, linguistico, informazionale proviene da una cultura, da una società *hic et nunc*. La scienza classica aveva neutralizzato questo problema, poichè lo "scienziato" - osservatore, modellizzatore - stava sempre fuori dal campo come un fotografo. Le osservazioni erano dunque il mero riflesso delle cose reali, ed ogni soggettività (identificata con l'errore) poteva essere eliminata tramite la concordanza delle osservazioni e la verifica delle esperienze. Le scienze della complessità ci hanno sensibilizzato a questa presenza ineliminabile, l'osservatore, che deve dar sempre conto delle proprie visioni in quanto scelte (Morin, 1987).

In questo cambio di paradigma emerge il concetto di vincolo: il mondo reale fornisce il sottoinsieme di ciò che esiste, mentre lo spazio-prodotto rappresenta l'incertezza dell'osservatore. Perciò lo spazio-prodotto può cambiare se l'osservatore cambia; e due diversi osservatori possono usare legittimamente due diversi spazi-prodotto per registrare lo stesso insieme di eventi reali in qualche ente reale. Il vincolo è così una relazione tra l'osservatore e l'oggetto (von Foerster, 1987). Una determinata legge, quale espressione di vincoli, definisce relativamente a condizioni date i limiti del possibile. Ma come osserva Mauro Ceruti il vincolo è anche opportunità: non si impone semplicemente dall'esterno a una realtà preesistente, ma partecipa alla costruzione di una struttura integrata e determina all'occasione uno spettro di conseguenze intellegibili e nuove (Ceruti, 1986).

A fronte di questo scenario cambia la concezione della figura del progettista di fronte alla complessità dell'ambiente naturale/artificiale con cui deve confrontarsi. La creatività umana risulta come l'espressione singolare di un carattere che è comune a tutti i livelli della natura. Il progettista perde l'infallibilità della *one-best-way*, ma acquista in qualche modo autonomia di pensiero e può rivendicare la sua vera capacità proiettiva verso il futuro; assume a pieno titolo una posizione in cui l'immaginazione non è più considerata arbitrio anti-razionale, azione fuori dall'esattezza dell'equazione progettuale. Considerata all'interno di un universo determinista l'autonomia del soggetto progettante era annullata. Il concetto di progetto auto-organizzante nega invece che l'unico futuro che la concezione di un progetto possa generare sia già contenuta nel passato. Il progetto appare come il risultato dell'interazione tra una struttura autonoma - il progettista che deve necessariamente scegliere e semplificare - e degli avvenimenti aleatori che gli sono estranei. È perché essa permette in tal modo sia l'adattamento al nuovo che la sua produzione, che l'autoorganizzazione realizza, almeno localmente, un'inversione della freccia del tempo (neg-entropia), e non perché essa sia la manifestazione di un progetto all'opera in cui il presente sarebbe, in qualche modo, determinato dal

futuro (Le Moigne, 1984).

La *design complexity* attiene infine anche al rapporto artificiale/naturale, così come si configura nei sistemi industriali avanzati. Una differenza tra sistemi naturali ed artificiali è di solito che per conoscere i primi è necessario utilizzare l'osservazione e l'esperienza, mentre per i secondi si può interrogare chi li ha realizzati.

Il peggiore degli architetti, come osservò Marx, è migliore della più abile delle api che costruisce il suo favo perfetto, perché in grado di immaginare un modello dell'abitare nella sua testa prima di realizzarlo. Ma esistono artefatti complessi, per realizzare i quali hanno interagito molte intenzioni in modo incontrollabile - la città e in generale l'ambiente altamente antropizzato che ormai ci circonda - che il risultato finale finisce irrimediabilmente per diventare "oggetto di osservazione", con la sua quota di indecifrabilità pari alla natura (Mandelbrot, 1987).

Auto-organizzazione, resilience thinking, regenerative design

L'ipotesi di Gaia, formulata negli anni '70 da James E. Lovelock, guarda all'evoluzione del Pianeta come sistema unitario, non descrivibile da un'unica disciplina accademica; postula l'esistenza di sistemi attivi per la chemostasi e per la termostasi dell'ambiente del pianeta. Essa prevede un ambiente complessivamente stabile e costante nonostante le perturbazioni, siano queste improvvise o risultino invece da qualche cambiamento persistente e progressivo. Ma secondo Gaia non è detto che l'evoluzione sia compatibile con la conservazione della specie umana: l'impatto delle attività antropiche sta infatti via via rompendo la capacità adattiva e di resilienza dell'ecosistema, in particolare riguardo al clima (Lovelock, 1981)

Le dinamiche dei sistemi complessi sopra evidenziate entrano tutte in gioco quando parliamo di progettazione ambientale in riferimento alle problematiche del climate change; nello specifico le idee di autoorganizzazione e la concezione problematica sistema osservante/sistema osservato influenzano la concezione progettuale e si avvicinano naturalmente alle logiche della resilienza e del *regenerative design*. La *design complexity* implica un progetto che, integrando elementi artificiali e naturali, tenda a massimizzare la capacità auto-organizzativa del sistema come obiettivo prioritario. Questo significa che il sistema nel tempo deve essere il più possibile in grado di autosostenersi e quindi non dipendere in tutto e per tutto da continui interventi correttivi.

Il *resilence thinking* e il *regenerative design* appaiono convergere su questa linea. Come osserva Mario Losasso: «Recentemente, il dibattito culturale e scientifico sulla resilienza ha progressivamente interessato numerosi campi del sapere e scenari di resilience thinking si sono sviluppati nel contesto delle discipline focalizzate sull'ambiente costruito». In questo contesto si può affermare che «i sistemi socio-ecologici presentano gradi di resilienza proporzionali alla quantità di perturbazione che il sistema può assorbire, alla sua capacità di auto-organizzarsi, di apprendere e di adattarsi». In tal senso l'autoorganizzazione è un'attitudine che può apparire al crescere della resilienza di un sistema complesso. «Nella sua accezione generale, il concetto di resilienza rappresenta la capacità di un sistema di rigenerarsi e riorganizzarsi in seguito ad un evento avverso» (Losasso, 2018).

Il regenerative design sviluppa approcci che «cercano non solo di invertire la degenerazione dei sistemi naturali della terra, ma anche di progettare sistemi umani in grado di co-evolversi con i sistemi naturali, evolvendosi in un modo che generi benefici reciproci e una maggiore espressione generale di vita e resilienza» (Trombetta, 2018).

he assumes a position in which the imagination is no longer considered anti-rational arbitrariness, action outside the accuracy of the design equation. Within a determinist universe, the autonomy of the designing subject was annulled. Instead, the concept of self-organizing project denies that the only future the conception of a project can generate is already contained in the past. The project appears as the result of the interaction between an autonomous structure - the designer who must choose and simplify - and random events that are alien to him. It is because it thus allows both adaptation to the new and its production, that self-organization achieves, at least locally, an inversion of the arrow of time (neg-entropy), and not because it is the manifestation of a project at work in which the present would be determined by the future (Le Moigne, 1984). Finally, the design complexity also concerns the artificial/natural relationship, as it is configured in advanced industrial systems. A difference between natural and artificial systems is usually that to know the former it is necessary to use observation and experience, while for the latter one can question who made them. The worst of architects, as Marx observed, is better than the most skilful of bees who builds his perfect honeycomb, because he can imagine a model of living in his head before making it. But there are complex artifacts, to realize which many intentions have interacted in an uncontrollable way - the city and in general the highly anthropized environment surrounding us - that the final result ends up irremediably becoming an "object of observation", with its share of indecipherability equal to nature (Mandelbrot, 1987).

Self-organization, resilience thinking, regenerative design

Gaia's hypothesis, formulated in the 1970s by James E. Lovelock, looks at the evolution of the Planet as a unitary system, not describable by a single academic discipline; it postulates the existence of active systems for chemostasis and thermostasis of the planet's environment. It envisages an overall stable and constant environment despite perturbations, whether these result from some persistent and progressive changes. But according to Gaia, evolution is not necessarily compatible with the conservation of the human species: the impact of human activities is in fact gradually breaking the adaptive and resilient capacity of the ecosystem, particularly regarding to climate (Lovelock, 1981). The dynamics of the complex systems highlighted all come into play talking about environmental design with reference to climate change; specifically, the ideas of self-organization and the problematic conception observing / observed system influence the design concept and naturally approach the logic of resilience and regenerative design.

The design complexity implies a to maximize the self-orga-

nizing capacity of the system as a priority objective by integrating artificial and natural elements. This means that the system must be able to support itself as much as possible. Resilience thinking and regenerative design appear to converge on this line. As Mario Losasso observes: «Recently, the cultural and scientific debate on resilience has progressively affected many fields of knowledge and resilience thinking scenarios have developed in the context of disciplines focused on the built environment». In this context it can be stated that "socio-ecological systems present degrees of resilience proportional to the amount of disturbance that the system can absorb, to its ability to self-organize, to learn and to adapt". In this sense self-organization is an attitude that can appear as the resilience of a complex system grows. «In its general meaning, the concept of resilience represents the capacity of a system to regenerate and reorganize itself following an adverse event» (Losasso, 2018). Regenerative design develops approaches that «seek not only to reverse the degeneration of the earth's natural systems, but also to design human systems capable of co-evolving with natural systems, evolving in a way that generates mutual benefits and a greater general expression of life and resilience» (Trombetta, 2018). With reference to climate change, resilience implies a pro-active capacity of systems to adapt to phenomena making the environment more vulnerable. Design complexity can stimulate the metabolic regeneration capacity of the environment.

The idea of a "new alliance", merging "hard" and "soft"-sciences, underpins a conception of the environmental quality which considers also places history, social aspects and perception. Between the humanistic definition of quality, as human experience in continuous evolution (see Paul Klee) and the definition of technological regulations, the design complexity necessarily moves to measure the performance of the project based on deterministic parameters. Qualitative as well as quantitative assessment is the most controversial element of the method, to define in the analysis phase and use in the design and management of the built environment. The observant/observed system relationship therefore translates in practice the importance of designing and testing truly effective sets of indicators. The system of indicators is based on objective criteria, but at the same time it is a choice made from time to time in relation to the geographical location, the physical and sociological context. In a context subject to climate events with significant peaks of risk, the definition of a set of indicators to guide the analysis, the project and its evaluation over time is the crucial issue.

Conclusions

The glossary entry reports the most significant nomadic concepts that contribute to substantiate the design complexity

In riferimento al climate change la resilienza comporta una capacità di adattamento pro-attivo dei sistemi alla serie di fenomeni, che hanno reso più vulnerabile l'ambiente. La *design complexity* può incentivare capacità di rigenerazione metabolica dell'ambiente. L'idea di una "nuova alleanza", che fonde scienze "dure" e "morbide", cultura umanistica e scientifica, sottende una concezione della qualità dell'ambiente, in grado di tener conto anche della storicità dei luoghi, degli aspetti sociali, della percezione dell'ambiente. Tra la definizione umanistica di qualità, come esperienza umana in continuo divenire, (cfr. Paul Klee) e la definizione propria della normativa tecnologica si muove quindi necessariamente anche la design complexity, con la conseguente difficoltà a misurare sulla base di parametri meramente deterministi le prestazioni del progetto. La valutazione qualitativa oltre che quantitativa è l'elemento più controverso del metodo, da definire in fase di analisi e utilizzare nelle fasi di progetto e gestione dell'ambiente costruito. La relazione sistema osservante/osservato si traduce quindi nella pratica nell'importanza di ideare e sperimentare dei set di indicatori realmente efficaci. Il sistema di indicatori è basato su criteri oggettivi, ma nello stesso tempo è una scelta che si attua di volta in volta in relazione all'unicità del luogo geografico, della caratterizzazione del costruito, del contesto fisico e sociologico. Nell'ambito di un contesto soggetto a eventi climatici con significativi picchi di rischio, la definizione di un set di indicatori in grado di guidare l'analisi, il progetto e la sua valutazione nel tempo risulta peraltro il nodo cruciale.

Conclusioni

La voce di glossario riporta i concetti nomadi più significativi che concorrono a sostanziare la *design complexity* e comportano una sua definizione che si basa

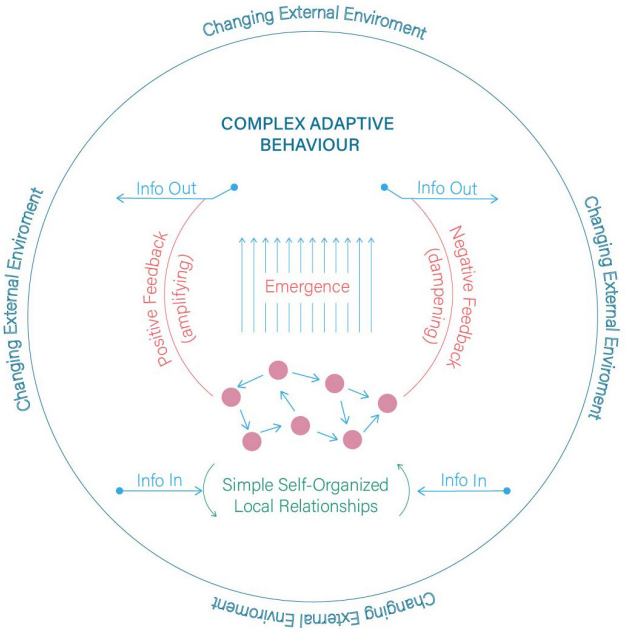


Fig. 1 - *Complex Adaptive System Map* (Design by Giulia Scalera).

sui paradigmi neo-organicisti emersi a partire dagli anni ’80. In conclusione, un approccio ecosistemico al progetto, aperto allo scambio interdisciplinare e che si confronta in particolare con i temi del climate change è naturalmente portato oggi a focalizzarsi su tre punti:

- Studio delle interazioni non distruttive ma di cooperazione e simbiosi che vedono in gioco uomo/ costruito/ natura/ clima.
- Rigenerazione della capacità metabolica del sistema, tenendo conto di una resilienza che trascende le tradizionali scale del progetto.
- Utilizzo delle nuove tecnologie dell’informazione per analisi/ monitoraggio/ controllo.

Sulla capacità del progetto di rigenerare il pianeta è incentrata la mostra *Broken Nature, Design Takes on Human survival*, inauguratasi presso il Triennale Design Museum di Milano nel 2019, che ci dà una idea molto attuale della design complexity di fronte all’emergenza ambientale. Testimonia in primo luogo come siano mutati i rapporti tra designer, ingegneri, tecnologi, artisti, scienziati, politici e come si vada verso un approccio ancora più radicale nel senso della commistione dei saperi. I circa 100 progetti selezionati prescindono volutamente da considerazioni di grandezza o tipologia, presentando quindi con la massima libertà “oggetti ed edifici, interfacce, infrastrutture e città, dal cosmo al microrbiota”. Appare evidente quindi come il “design ricostituente” trascuri volutamente una distinzione della progettualità attraverso la classica divisione delle scale dimensionali di intervento (territorio, architettura, design). Non va quindi ignorato quindi che questi nuovi assetti nell’approccio all’emergenza ambientale concorrono nella pratica a modificare ancora una volta il concetto di *design complexity*, invitando le discipline progettuali a ridiscutere e aggiornare incessantemente il loro statuto.

Il terzo punto evidenziato è di particolare importanza: Ernst Jantsch dalla fine degli anni ’70 individuava nella *estensione della coscienza*, permessa dalle emergenti tecnologie della comunicazione e di trattamento dell’informazione, dalle ICT, una delle vie per un futuro di vivibilità planetaria (Jantsch, 1980). Con lo sviluppo esponenziale di tali tecnologie, questa via appare oggi quella maestra: l’età che va verso l’*internet of the thing*s offre una sofisticata e potente capacità di calcolo, forse l’unico strumento di gestione dell’ambiente realmente commisurabile alla complessità delle variabili in gioco: «se la resilienza è capacità di adattamento e di reazione ad eventi imprevisti, le tecnologie ’dematerializzate’ nell’era della digitalizzazione sono capaci, in una logica *low impact* in termini produttivi e sociali, di far fronte meglio delle tecnologie ’dure’ a situazioni estreme» (Losasso, 2018, pp. 17). Una «padronanza dolce sulle nostre padronanze dure» è d’altronde la strada che Michel Serres indica come concreta possibilità dell’agire contemporaneo, di fronte a quello che sembrerebbe altrimenti un inarrestabile degrado del nostro ambiente naturale e storico; una prospettiva culturale e tecnica apertasi nell’età postindustriale, che vede la nuova centralità insieme delle scienze del vivente e della comunicazione (Serres, 2016).

and involve its definition based on the neo-organicist paradigms emerged since the 1980s. An ecosystemic approach to the project, open to interdisciplinary exchange and dealing with climate change is naturally led today to focus on three points: study of non-destructive interactions but of cooperation and symbiosis that see at stake man/built/nature/climate; regeneration of the system metabolic capacity, considering a resilience transcending the traditional scales of the project; use of information technology for analysis/monitoring/control.

The exhibition Broken Nature Design Takes on Human Survival, opened at the Triennale Design Museum in Milan in 2019, focused on the ability of the project to regenerate the planet. Giving a very current idea of the design complexity in the environmental emergency, it showed how the relationships between designers, engineers, technologists, artists, scientists, politicians changed and how we are moving towards a radical approach in the mixing of knowledge. About one hundred selected projects deliberately ignore considerations of size or type, thus presenting with the utmost freedom “objects and buildings, interfaces, infrastructures and cities, from the cosmos to the microbiota”. It is therefore evident how the “reconstructive design” neglects a distinction of design through the classic division of the dimensional scales of intervention (territory, architecture, design). Approaching to environmental emergencies, these new structures contribute to changing once again the concept of design complexity, inviting design disciplines to constantly update their status. The third point highlighted is particularly important: since the end of the 70s Ernst Jantsch identified the extension of consciousness*, allowed by the emerging communication and information processing technologies, as one of the ways to a future of planetary liveability (Jantsch, 1980). With the exponential development of these technologies, today this way appears to be the main one: the age that goes towards the Internet of things offers a sophisticated and powerful computing ability, perhaps the only tool for managing the environment really commensurate with the complexity of the variables at stake: «if resilience is the ability to adapt and react to unforeseen events, ’dematerialized’ technologies in the age of digitalization are able to cope better than ’hard’ technologies with extreme situations, in a logic of low impact in productive and social terms» (Losasso, 2018). On the other hand, a “gentle mastery over our hard mastery” is the path that Michel Serres points out as a possibility of contemporary action, in the face of what would otherwise seem an unstoppable degradation of our natural and historical environment; a cultural and technical perspective opened up in the post-industrial age, which sees the new centrality of both the sciences of living and communication (Serres, 2016).*

References

AA. VV. (2018), “Resilienza architettonica”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment* n. 15, Numero monografico.

Antonelli, P. (ed) (2019), *Broken Nature. Design Takes on Human survival*, La Triennale di Milano, Electa, Milano.

Atlan, H. (1986), *Tra il cristallo e il fumo, Saggio sull’organizzazione del vivente*, Hopefulmonster, Firenze.

Bocchi, G. & Ceruti M. (1985), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano.

Branzi, A. (1990), “Tre teoremi per un’ecologia del mondo artificiale”, *La quarta metropoli*, Domus Academy ed., Milano.

Ceruti, M. (1986), *Il vincolo e la possibilità*, Feltrinelli, Milano.

Ceruti, M. & Laszlo, E. (1988), *Physis: abitare la terra*, Feltrinelli, Milano.

Chiapponi, M. (1989), *Ambiente e strategia. Un contributo alla teoria della progettazione ambientale*, Feltrinelli, Milano.

Dupuy, J.P. (1986), *Ordini e disordini*, Hopefulmonster, Firenze.

Eigen, M. & Winkler, R. (1986), *Il Gioco. Le leggi naturali governano il caso*, Adelphi, Milano.

Eldredge, N. (1991), *Strutture del tempo*, Hopefulmonster, Firenze.

Elster, J. (1989), *Uva acerba. Versioni non ortodosse della razionalità*, Feltrinelli, Milano.

Gleick, J. (1989), *Caos. La nascita di una nuova scienza*, Rizzoli, Milano.

Gould, S.J. (1987), *La freccia del tempo, il ciclo del tempo*, Feltrinelli, Milano.

Jantsch, E. (1980). *The self-organizing universe*, Pergamon Press, Oxford.

Le Moigne, J.L. (1984), *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*, PUF, Paris.

Le Moigne, J.L. (1985), “Progettazione della complessità e complessità della progettazione”, in Bocchi, G. & Ceruti, M. (eds), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano, pp. 60-78.

Lovelock, J. E. (1981), *Gaia. Nuove idee sull’ecologia*, Boringhieri, Torino.

Losasso, M. (2018), “Progetto, ambiente, resilienza / Design, Environment, Resilience”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment,* n. 15, *Resilienza architettonica*, pp.16-20.

Mandelbrot, B. (1987), *Gli oggetti frattali*, Einaudi, Torino.

Mang, P. & Haggard, B. (2016), *Regenerative Development and Design. A Framework for Evolving Sustainability*, J. Wiley & sons, New Jersey, USA.

Manzini, E. (1990), *Artefatti. Verso un’ecologia dell’ambiente artificiale*, Domus Academy, Milano.

Maturana, H. & Varela, F. (1987), *L’albero della conoscenza*, Garzanti, Milano.

Morin, E. (1985), “Le vie della complessità”, in Bocchi G., Ceruti M. (eds), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano, pp. 25-36.

Morin, E. (1987), *Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione*, Feltrinelli, Milano.

Nicolis, G. & Prigogine, I. (1991), *La complessità. Esplorazioni nei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino.

Petit, V. & Guillaume, B. (2018), “Scales of design: ecodesign and the anthropocene”, in Vermaas P.E., & Vial S. (eds), *Advancements in the Philosophy of Design*, Springer.

Prigogine, I. & Stengers, I. (1981), *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Einaudi, Torino.

Serres, M. (2016), *Il mancino zoppo. Dal metodo non nasce niente*, Bollati Boringhieri, Milano.

Stengers I. (1988), *Da una scienza all’altra. Concetti nomadi*, Hopefulmonster, Firenze.

Trombetta, C. (2018), “L’esperienza del Regenerative Design nel dibattito su ambiente costruito e resilienza”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment,* n. 15, *Resilienza architettonica*, pp. 143-152.

Von Foerster, H. (1987), *Sistemi che osservano*, Astrolabio, Roma.

DIALOGO / *DIALOGUE*

Dialogo intorno ai saperi per l'adattamento al clima
Dialogue about the Climate Adaptation Knowledges

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Rosario Giuffré, SIT*d*A *Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura*

1. La strategia dell'adattamento è l'approccio unificante dei saperi per la risposta al cambiamento climatico?

M.M. Non sembra ancora chiudersi l'"antica" disputa tra lo specialismo dei saperi e gli approcci multi-inter-transidisciplinari ritenuti gli strumenti idonei per le sfide della complessità di questo tempo.

Un tempo storico che supera le velocità adombrate da Tiezzi[1], e dove il tempo biologico è messo in forte pericolo da cambiamenti (come quello climatico) non più affrontabili con lo specialismo dei climatologi ma forse, come indicato da Nordhaus[2], coinvolgendo in modo sistemico tutti i settori disciplinari che contribuiscono alla comune esistenza. Un tempo che chiama la pluralità dei saperi, chiedendo loro di adattare i propri statuti per rispondere all'acclarato focus critico per il futuro planetario.

Su questo sfondo si staglia la necessità di un adattamento dei saperi, ottenuto ricucendo la frammentarietà con gli approcci transdisciplinari, attraverso un "ente" unificante. Un alveo condiviso, che costruisca un agire capace di affrontare le forti magnitudo scaturite dall'attuale congiuntura.

A suo modo di vedere, è la sfida del cambiamento climatico l'alveo unificante che concretizza una strategia di adattamento, basata sull'integrazione tra specialismi e le forme multi-inter-transdisciplinari dei saperi?

R.G. Già il De Rerum Natura sosteneva che per evitare di attribuire gli eventi al capriccio degli dei, fosse necessario recuperare la molteplicità di saperi, in un quadro globale, di interferenze interrelate. Oggi, invece, siamo prigionieri di positivismi non tanto di tipo logico procedurali, quanto epistemologici: i saperi sono chiusi in gabbie, la cui potestà è esercitata da un esercito di scienziati, *sacerdoti* come i custodi di Delfi, tanto che si parla di *carisma di traduttori e trasduttori consacrati.* Per me, lo sviluppo della ricerca, delle relazioni, dei comportamenti, avviene, al bordo delle conoscenze, l'allargamento della cornice teoretica amplia la visione di cose, di rappresentazioni, di interferenze e di contiguità. Il prodotto di insiemi, ognuno con i propri enti, produce un nuovo campo in cui persistono le informazioni originarie, riqualificate dai nuovi compiti. Molti esperti di apicultura riconducono la forza di ogni nuova famiglia al prodotto di modifiche, tutte finalizzate alla vita della specie. Spesso, gli orgogliosi scenari deterministici, filosofici ed epistemologici sono oggi ingannevoli: le conoscenze della fisica quantistica, le nu-

1 Tiezzi, E. (1984). *Tempi storici, tempi biologici,* Garzanti, Milano.

2 Nordhaus, W. D. (2015). *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press, London.

1. Is the adaptation strategy the unifying knowledge approach to responding to climate change?

M.M. *The "old" dispute between the specialism of knowledge and the multi-interdisciplinary approaches considered the appropriate tools for the challenges of the complexity of this time does not seem to be closed yet.*

A historical time that goes beyond the speed Tiezzi[1] has overshadowed, and where biological time is in great danger due to changes (such as climate change) that can no longer be tackled with the specialism of climatologists but perhaps, as indicated by Nordhaus[2], involving in a systemic way all the disciplinary sectors that contribute to the common existence. A time that calls for the plurality of knowledge, asking them to adapt their statutes to respond to the critical focus for the planetary future.

Against this background stands out the need for an adaptation of knowledge, through a unifying "institution". A shared riverbed, building an action capable of dealing with the strong magnitudes arising from the current economic situation.

In your view, is the challenge of climate change the unifying riverbed that gives concrete form to an adaptation strategy based on the integration of specialisms and multi-inter-transdisciplinary forms of knowledge?

R.G. *De Rerum Natura already maintained that in order to avoid attributing events to the whim of the gods, it was necessary to recover the multiplicity of knowledge, in a global framework, of interrelated interferences. Today, on the other hand, we are prisoners of positivism not so much of procedural logic as of epistemology: knowledge is locked in cages, whose power is exercised by an army of scientists, ministers like the custodians of Delphi, so much so that we speak of the charisma of consecrated translators and transducers. For me, the development of research, behaviours, at the edge of knowledge, the widening of the theoretical framework widens the vision of things, of interferences and contiguity. The product of assemblies, produces a new field in which the original information persists, requalified by the new tasks. Many beekeeping experts bring the strength of each new family back to the product all aimed*

at the life of the species. Often, the proud deterministic, philosophical and epistemological scenarios are now misleading: the knowledge of quantum physics, the aggregated point clouds in infinite ways produced, for sustainability and compatibility, are the result of infinite ways. Only the contamination produces the progress.

2. Are the processes underlying climate change and the expected adaptation responses changing the architectural design?

M.M. *Having taken on board and interiorized the issues of the limits of development first, and sustainable development afterwards it is undoubted how much the architectural project, and its processes, have undergone a profound revision in the fundamentals and methods. The scenario of the European Directives, "Charters and Protocols", regulations and criteria for controlling energy-environmental performance, are evidence of how much the built environment is considered a primary "agent" in the environmental dynamics of the planet. Alongside this, there is the issue of climate change, which sees the adaptation strategy as the "guiding option" of the implementation spheres.*

Provided that the emergencies and needs for climate adaptation of transformative processes are well defined, what new content should enrich the architectural project to make it an effective tool for renewing the objectives of improving the quality of life?

R.G. *Fifty years after the conceptualisation of the limits of development introduced by the Brundtland report[3], and the many experiences of designing sustainability, an attempt has been made to validate procedural and configurative forms of revised architecture. A new way of thinking, working on the images of active or hidden energy, would lead to forms, meanings and security of pre-figural architecture. So much so that we are under the illusion that models, are sufficient for "new configurations", actually in harmony with the environment: as if to say that the probability assumed as a possible utopia becomes a virtuous position in design cogeneration, in which figures and needs collimate in an innovative way. For instance, in environmental design, however, the visionary part of design must not rise to the level of critical construction. Climate change calls for adaptation strategies beyond the sector, and architecture is no longer a design of "things" but a facilitation of behaviours, implementation spheres of beyond, global. The environmental problem is not restricted to design alone, and is not, as now, a territory of cultural vitality, but a system of contradictory relationships, whose osmosis, moreover, is specifically random, a sort of "geognomic".*

vole di punti riaggregabili in infiniti modi prodotti, per sostenibilità e compatibilità, sono il frutto di infiniti modi. Solo le contaminazioni producono avanzamento.

2. I processi sottesi dal cambiamento climatico e le attese risposte di adattamento, stanno cambiando il progetto di architettura?

M.M. Recepiti e interiorizzati i temi dei limiti dello sviluppo prima, e dello sviluppo sostenibile dopo (anche nei suoi riflessi sulle esigenze di controllo degli impatti ambientali del settore delle costruzioni), risulta indubbio quanto il progetto di architettura, e i suoi processi, abbiano subìto una profonda revisione nei fondamenti e nelle modalità. Lo scenario delle Direttive Europee, "Carte e Protocolli", normative e criteri di controllo delle prestazioni energetico-ambientali, sono la testimonianza di quanto il costruito sia ritenuto un "agente" primario nelle dinamiche ambientali del pianeta. A questo si è via via affiancato il nodo del cambiamento climatico, che vede nella strategia dell'adattamento "l'opzione guida" delle sfere attuative.

Posto siano ben definite le emergenze e le necessità di adattamento climatico dei processi trasformativi, quali nuovi contenuti dovrebbero arricchire il progetto di architettura per renderlo uno strumento efficace per rinnovare gli obiettivi di miglioramento della qualità della vita?

R.G. A 50 anni dalla concettualizzazione dei limiti dello sviluppo introdotti dal rapporto Brundtland[3], e dalle molteplici esperienze di progettazione della sostenibilità e compatibilità ambientali, si è provato a validare forme processuali e configurative di revisionata architettura. Un nuovo pensiero, per linguaggi e forme, e la manifestazione della vitalità dell'essere, lavorando sulle immagini dell'energia attiva o nascosta, indurrebbero a forme, significati e sicurezza di prefigurabile architettura. Tanto che ci si illude che modelli, anche matematici, bastino a "configurazioni nuove", accordate di fatto con l'ambiente: come dire che la probabilità assunta come utopia possibile diventi posizione virtuosa nella cogenerazione progettuale, in cui figure e bisogni collimino in assetto innovatore. Nella progettazione ambientale la parte visionaria del disegno, però, non deve elevarsi a costruzione critica per di più costruttiva: la cultura tecnologica della progettazione è processo faticoso di sintesi, non placida figura dialogica, validata da lezioni epistemologiche o empiriche, pur supportata da direttive e protocolli. Il cambiamento climatico chiede strategie di adattamento oltre il settore, e l'architettura non è più un progettare "cose" ma un facilitare comportamenti, sfere attuative oltre, globali. Il problema ambientale, non è ristretto a solo progetto, e non è, come ora, un territorio di vitalità culturale, ma un sistema di alterità tra molteplici, contraddittore relazioni, la cui osmosi, oltretutto, è specificatamente aleatoria, una sorta di "geognomica".

3. Risposte al cambiamento: è ancora il tempo della SMART City, green city, resilient city?

M.M. I più recenti, e importanti *milestones report* (dal V Rapporto IPCC, del 2014, al New Geen Deal della UE, del 2019, fino al "JRC PESETA IV FR - *Climate change impacts and adaptation in Europe*" del 2020) conferiscono alla Città

3 United Nations (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.*

e alla qualità del *built environment* un ruolo fondamentale nello scenario dei cambiamenti climatici.

Lasciando per un attimo da parte il dibattito sul settore delle costruzioni e del progetto, e dei cambiamenti occorsi in questo ambito a fronte di queste dinamiche evolutive, studi affidabili evidenziano come l'accelerazione dell'intensità e degli impatti sull'ambiente costruito, richiamino la necessità di rivedere gli ancor "giovani" assunti posti alla base delle nuove categorie urbane. Anzi, sembra si possa addirittura configurare un'altra idea di città, riconducibile ad una sorta di *"climate adaptive city"*. Tuttavia, da molti versanti, più che di "categorie" si sottolinea il bisogno di ripensare un nuovo sistema di risposta socio-tecnica dei processi realizzativi.

Crede quindi siano ancora validi gli orizzonti definiti dalle *smart-green-resilient city*, o bisogna riconsiderare paradigmi, obiettivi e azioni sottese da tali categorie?

R.G. Convegni scientifici e dialoghi politici, mossi da obiettivi alternativi, hanno posto in essere ipotesi, azioni, scenari volte a dare una risposta all'idea di nuove categorie di pensiero per la città contemporanea. Dalle *prime smart city* di Yale, alle recenti configurazioni di VJPCC del 2014, fino al JAR Peseta IV del 2019, il dibattito circa la relazione tra impatti e adattamento climatico ha proposto molteplici possibilità di immaginare la città.

Viceversa, le incertezze nelle politiche ambientali, frutto di orgoglioso macchinismo, limitano l'orizzonte esplorativo. Le ipotesi settoriali divengono verità, e le false novità tracciano sicurezze per le Autorità, che agiscono come principi aristotelici medievali. L'errore generato dal coinvolgimento principale dei soggetti non legittima le decisionalità ambientali, né configura uno scenario sperimentale privato di verificabilità e gerarchie reciproche globali. Le possibili irrazionalità attuali postulano interrelazioni obbligate con il ricorso a fenomeni di empatie disomogenee con il disegno del domani, alla chiarezza delle interrelazioni dell'oggi, ad obblighi di resilienza antropica. L'habitat, diviene una risorsa, per differenza, scarto fra configurazioni culturali, specificità localmente affioranti, mutanti per modalità, materialità, figure e linguaggi. Il quadro, forse, è integrale, ma di pressante necessità, di contaminazione, diremmo locale, non in senso ovviamente logistico. Il che sarebbe ridicolo, consentitemi di dirlo.

4. Visioni per la necessità di un nuovo adattamento: una città post COVID 19?

M.M. Recenti studi pubblicati sul *New England Journal of Medicine*[4] hanno messo in relazione l'inquinamento atmosferico e il coronavirus, dimostrando come il suo diffondersi sia incrementale nelle aree inquinate. L'inquinamento è considerato un fattore sinergico del cambiamento climatico, per cui se tra gli obiettivi della Conferenza sul Clima di Madrid 2019 la strada sembrava essere tracciata dalla diminuzione dei gas serra, già oggi, ad un anno di distanza, questa sembra arricchirsi di nuove esigenze.

Le risposte dell'Architettura alle esigenze di adattamento ai cambiamenti climatici, si possono riconoscere nei trend concettuali e realizzativi delle varie cate-

4 Wu, X., Nethery, R. C., Sabath, M. B., Braun, D. & Dominici, F., (2020), "Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis", *Science advances, 6.*

3. Answers to change: is it still the time for SMART City, green city, resilient city?

M.M. *The most recent and important milestones report (from the V IPCC Report, 2014, to the EU New Geen Deal, 2019, to the "JRC PESETA IV FR - Climate change impacts and adaptation in Europe" of 2020) give to the City and the quality of the built environment a fundamental role in the climate change scenario.*

Leaving aside the debate on the construction sector, and the changes that have occurred in this area in the face of these evolutionary dynamics, reliable studies show how the acceleration of impact on the built environment, recall the need to review the still "young" people employed at the base of the new urban categories. On the contrary, it seems that another idea of a city can even be configured, which can be traced back to a sort of "climate adaptive city". However, rather than "categories", the need to rethink a new system of socio-technical response to construction processes is underlined.

Do you therefore believe that the horizons defined by the smart-green-resilient cities are still valid, or do you need to reconsider the paradigms, objectives and actions underlying them?

R.G. *Scientific conferences and political dialogues, have set up hypotheses, actions, scenarios aimed at giving an answer to the idea of new categories of thought for the contemporary city. From the first smart city of Yale, to the recent configuration of V IPCC of 2014, until to JAR Peseta IV of 2019, the debate on the relationship between impacts and climate adaptation has proposed multiple possibilities to imagine the city.*

Vice-versa, uncertainties in environmental policies, limit the exploratory horizon. The sectorial hypotheses become truth, and the false novelties trace certainties for the Authorities, which act as medieval Aristotelian principles. Today's possible irrationality postulates forced interrelationships with the recourse to phenomena of empathy that are inconsistent with the design of tomorrow, to the clarity of today's interrelationships, to obligations of anthropic resilience. The habitat becomes a resource, for difference, locally emerging specificities, mutants in terms of modality, materiality, figures and languages. The picture, perhaps, is integral, but of pressing necessity, of contamination, we would say local, not in the logistic sense of course. Which would be ridiculous.

4. Visions for the need for a new adaptation: a post COVID 19 city?

M.M. *Recent studies published in the New England Journal of Medicine*[4] *have linked air pollution and the coronavirus,*

demonstrating how its spread is incremental in polluted areas. Pollution is considered a synergistic factor of climate change, so if among the objectives of the Madrid Climate Conference 2019 the path seemed to be traced by the reduction of greenhouse gases, one year later, it seems to be enriched by new requirements.

Architecture's responses to the need to adapt to climate change can be recognised in the conceptual and implementation trends of the various categories of "Cities" to which are added the significant contributions of digital innovation approaches, of big and mining data and of parametric architecture.

Given that in the systemic logic of integration between approaches, therefore one does not exclude the other, do you think that a stochastic and disruptive event such as COVID19, or at least similar pandemics, could modify the trends towards the conception of the Safe City or, better, of Covid City?

***R.G.** Closing, on Technology of Architecture, the article on the technological culture, I said that the transformation would have acted on the biological assets, with risks of dangerous new forms of life. It assumes, lexically, an extensive, almost biblical form, no longer only the constructed one, but rather a widespread condition for every human presence on the planet, hard e soft. The concept of ecology is linked to social equity and broadens the obligations of the green economy. The integral ecology of the Laudato Si[5] nor the praised policies of taxation, such as carbon taxes, cleanse the rich from the sin of environmental abuse.*

They just create a kind of climatic apartheid, validating the tragic idea that energy efficiency, is a panacea for the problems of the anthropized planet, to the point of solving the entire impact of pollution. European Green Deal, by acting on waste it does not create sustainability, as verified by recent studies. The images of fallout from anti-Covid19 actions have shown that it is not enough to do good architecture, to create new urban forms, indeed overall territorial forms: built and natural.

gorie di "Cities" a cui si aggiungono gli apporti significativi degli approcci dell'innovazione digitale, dei *big* e *mining data* e della *parametric architecture*.

Posto che nella logica sistemica dell'integrazione tra gli approcci, quindi l'una non esclude l'altra, ritiene che un evento stocastico e dirompente come il COVID19, o comunque pandemie simili, possa far variare i trend verso la concezione della *Safe City* o, meglio, della *Covid City*?

R.G. Chiudendo, su *Tecnologia dell'Architettura*, l'articolo sulla cultura tecnologica, fingendo di chiosare il bambino di Neruda che usciva dal mare, dicevo che la trasformazione avrebbe agito sugli assetti biologici, con rischi di nuove forme di vita pericolose. Oggi quella intuizione presuntuosa sembra trovare conforto negli atti delle conferenze di Madrid e di Parigi. Non basta progettare una diversa architettura. Essa assume, lessicalmente, una forma estensiva, quasi biblica, non più solo quella costruita, ma piuttosto una condizione diffusa per ogni presenza antropica sul pianeta, *hard* e *soft*. Il concetto di ecologia è collegato all'equità sociale, e allarga gli obblighi della *green economy*. L'ecologia integrale della Laudato Si[5]. Né le decantate politiche di tassazione, come le *carbon tax,* puliscono i ricchi dal peccato di sopruso ambientale, anzi non risarciscono l'ambiente, non l'habitat, non proteggono dai rischi molteplici inquinanti. Creano soltanto una sorta di *apartheid climatico,* validando l'idea tragica che l'efficienza energetica come possibilità della tecnica, si elevi a panacea dei problemi del pianeta antropizzato, fino a risolvere l'intero impatto degli inquinamenti, anche microbiologici. L'*European Green Deal*, agendo su sprechi e distribuendo qualità del verde, non crea sostenibilità, come verificato da recenti studi pisani e svedesi. Le immagini delle ricadute per azioni anti Covid19 hanno dimostrato che non basta fare buona architettura, quale che sia, per costituire nuove forme urbane, anzi territoriali complessive: costruite e naturali.

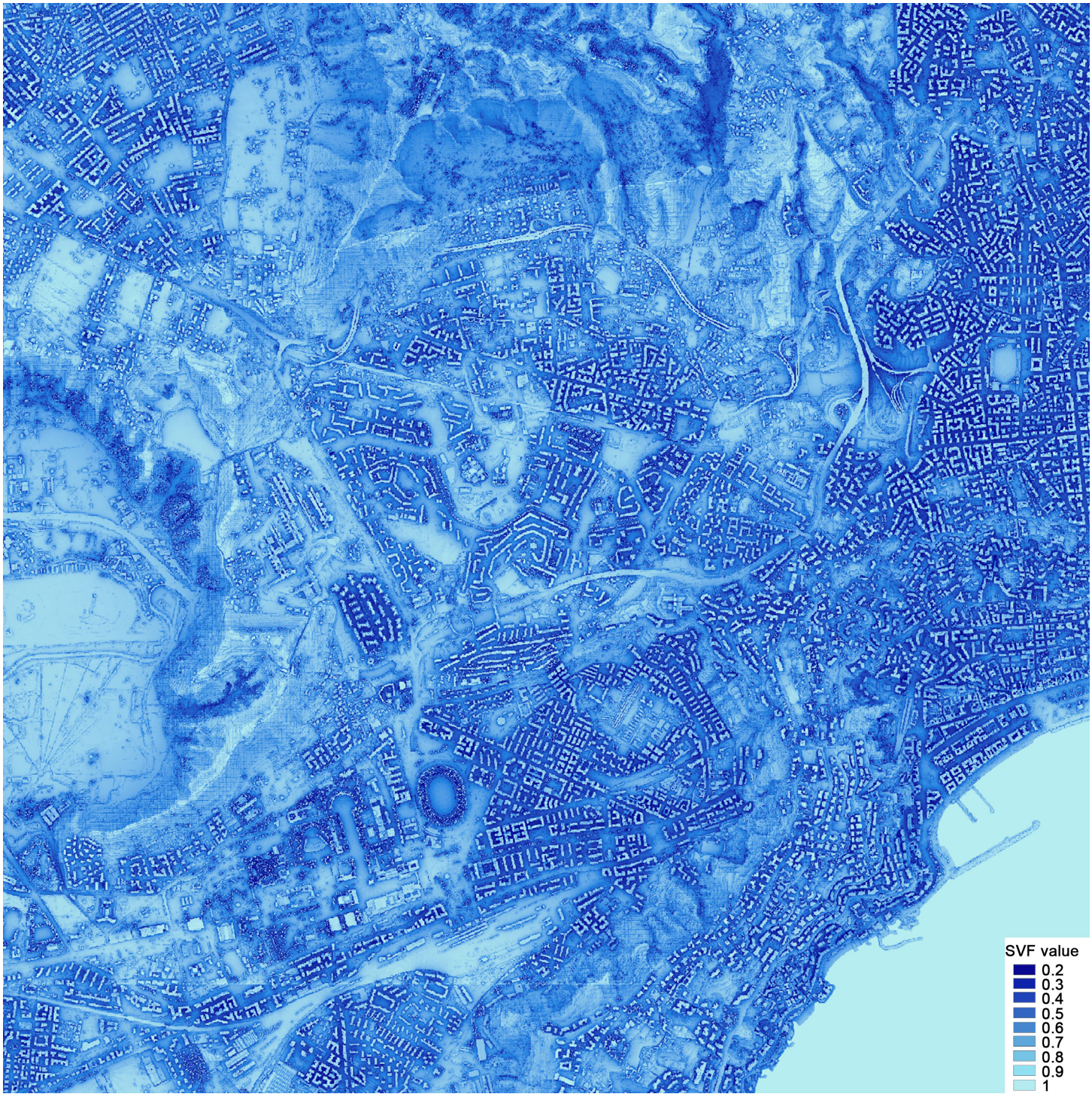


Fig. 1 - The fuzzy planet, Eiko Ojala (Source: Inside illustration for The New York Times, available at: https://ploom.tv/editorials-illustrations-4).

5 Giuliodori, C. & Malavasi, P. (eds) (2016), *Ecologia integrale. Laudato sì. Formazione, ricerca, conversione*, Vita e Pensiero, Milano.

MISURARE L'ADATTAMENTO CLIMATICO
ESTIMATING CLIMATE ADAPTATION

a cura di/*editor* Valeria D'Ambrosio



Area occidentale di Napoli: indice di Sky View Factor (Progetto Metropolis, fonte dati PST Piano Straordinario di Telerilevamento, Ministero dell'Ambiente) / *Western area of Naples: Sky View Factor index (Metropolis Project, Not-Ordinary Plan of Remote Sensing data source, Ministry of Environment).*

Progetto climate proof: indicatori, controllo e monitoring
Climate Proof Project: Indicators, Control and Monitoring

Valeria D'Ambrosio, *Università di Napoli Federico II*

Introduzione

La fase di transizione verso la neutralità climatica - promossa dai recenti indirizzi di politica tecnica dal Green Deal Europeo come parte integrante della strategia per l'attuazione dell'Agenda 2030 e degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite - si fonda sul potenziamento delle azioni per la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e al contempo sul rafforzamento delle politiche di adattamento al cambiamento climatico.

Negli ultimi anni, all'interno delle politiche governative è cresciuta la consapevolezza della necessità di attuare strategie di adattamento come risposta, preventiva e pianificata, alla vulnerabilità fisica e sociale dei sistemi urbani sottoposti agli impatti naturali ed antropici dei rischi climatici (EEA, 2020). L'elevata esposizione di beni e persone ai fenomeni climatici cresciuti in termini di intensità, scala e frequenza, oltre a determinare impatti sugli ecosistemi ha ricadute critiche sulla salute, sulla sicurezza e sulla qualità della vita della popolazione, in particolare sulle fasce più svantaggiate. I contesti urbani e le grandi aree metropolitane, nelle quali al 2050, secondo il "World Urbanization Prospects 2018" delle Nazioni Unite, si stima si concentrerà circa il 70% della popolazione mondiale, potrebbero essere particolarmente colpiti in termini di costi sociali e di perdite di vite umane. I sistemi urbani risultano inadeguati al clima che cambia per l'elevato livello di antropizzazione e consumo di suolo che li connota, risultando poco resilienti in quanto meno resistenti e reattivi agli stress ambientali come ondate di calore, alluvioni, eventi climatici estremi.

All'interno della strategia europea del Green Deal, tra le azioni primarie legate all'adattamento si configura quella di intensificare «gli sforzi in materia di resistenza ai cambiamenti climatici e di sviluppare la resilienza, la prevenzione e la preparazione» (Commissione Europea, 2019) anche attraverso politiche settoriali di pianificazione e la definizione di processi decisionali *climate-adapt*. Ciò presuppone un rinnovato approccio alla pianificazione e alla progettazione edilizia e urbana, privilegiando un'azione pro-attiva attraverso politiche per la preparazione sociale e progetti per l'adattamento fisico che superino la fase emergenziale post-evento al fine di ridurre al minimo il potenziale degli impatti del cambiamento climatico.

I processi di previsione, proiezione e simulazione richiedono l'utilizzo di sistemi di variabili che esprimano valori numerici attraverso cui sia possibile attuare un confronto fra le condizioni precedenti e successive alle ipotesi di interventi di adattamento. Da questo punto di vista, i sistemi di indicatori possono costituire un importante aspetto informativo tramite l'esibizione di valori specifici, sia rappre-

Introduction

The transition to climate neutrality - promoted by the recent technical policy guidelines of the European Green Deal 2020 as an integral part of the strategy for the implementation of the 2030 Agenda and of the United Nations sustainable development objectives - is based on strengthening actions to reduce climate-altering gas emissions and, at the same time, strengthening climate change adaptation policies.

In recent years, the awareness of the need to implement adaptation strategies, as a preventive and planned response to the physical and social vulnerability of urban systems subjected to the natural and anthropogenic impacts of climate risks, has grown within the government policies (EEA, 2020). The high exposure of goods and people to climate phenomena that have grown in terms of intensity, scale and frequency, in addition to determining impacts on ecosystems, has critical repercussions on the health, safety and quality of life of the population, in particular on the most disadvantaged groups. Urban contexts and large metropolitan areas, in which by 2050, according to the United Nations "World Urbanization Prospects 2018", about 70% of the world population is estimated to be concentrated, could be particularly affected in terms of social costs and losses of human lives.

Within the European Green Deal strategy, one of the primary actions related to adaptation is «strengthening the efforts on climate-proofing, resilience building, prevention and preparedness» (European Commission, 2019) also through sectoral planning policies and the definition of climate-adaptation decision-making processes. This requires a renewed approach to building and urban planning and design, implemented through policies for social preparedness and projects for physical adaptation that overcome the post-event emergency phase in order to minimize the potential of climate change impacts.

The prediction, projection and simulation processes require the use of systems of variables that express numerical values through which it is possible to make a comparison between the conditions before and after the hypotheses of intervention

for adaptation. From this point of view, indicator systems can constitute an important information aspect through the display of specific values, both representing a response to different decision and management needs, and considering the results of activities such as monitoring and managing the environmental resources, restoration actions following climate damage, but also their prevention. The evaluation capacity can be developed by assessing the effectiveness of the policies, the environmental and socio-economic impacts and the corrective measures, to be implemented to counteract the causes that have determined the environmental issues and to recover quality conditions (Malcevschi, 1987). The climate proof processes of transforming the built environment must be oriented towards the reduction of climate risks, through the implementation of durable, environmentally friendly, economically sustainable and socially acceptable transformations (Baltzar et al., 2009). Furthermore, the effects of the adaptation and mitigation measures must be assessed in an integrated manner, estimating the possible interferences and the effective compatibility between the technologies aimed at achieving zero CO_2 emissions by 2050 and those aimed at reducing climate impacts. We need cross-sectoral and multiscale approaches to meet this challenge, in order to evaluate the complexity of the interaction between the climate conditions modified by global warming and the vulnerability of urban systems. The construction of local knowledge frameworks, capable of identifying the predisposing morphological, technological, environmental and socio-economic factors for the estimation of climate vulnerability, is a priority to prefigure adaptation and resilience levels that can be pursued through adaptation plans and projects (D'Ambrosio, 2018).

Indicators as a tool for environmental analysis and assessment of climate vulnerability

In the early 1990s, environmental indicators were introduced as the main tool for the construction of knowledge and monitoring frameworks within national policies, in order to meet the sustainable development objectives set by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). The indicator was defined in the late 1980s as «a simple entity that is used in place of another entity for mental and practical operations» to provide a «synthetic representation of a complex reality» (Malcevschi, 1987). For this attitude, precisely because of its ability to provide a synthetic representation of complex problems related to the ecosystem quality, the indicator based approach plays a primary role within environmental analysis models.

The organization in conceptual models has allowed, over the years, the understanding of the relationships between cause-condition and effect with the aim of promoting an integrated vision of

sentando una risposta a differenti esigenze di carattere decisionale e gestionale, sia considerando gli esiti di attività quali il monitoraggio e la gestione delle risorse ambientali, le azioni di ripristino in seguito a danni di origine climatica ma anche la loro prevenzione. La capacità di contabilizzazione può essere sviluppata tramite la valutazione dell'efficacia delle politiche, degli impatti ambientali e socio-economici e, per contrastare le cause che hanno determinato uno stato dell'ambiente, di provvedimenti correttivi attuati per recuperare stati di qualità (Malcevschi, 1987).

Nei processi di trasformazione dell'ambiente costruito in chiave *climate proof*, le fasi del processo edilizio devono orientarsi verso la riduzione dei rischi climatici attraverso l'attuazione di trasformazioni durevoli, ecocompatibili, economicamente sostenibili e socialmente accettabili (Baltzar et al., 2009). Negli obiettivi *climate proof*, inoltre, si devono valutare in maniera integrata le ricadute degli interventi di adattamento e mitigazione stimando le possibili interferenze e la effettiva compatibilità tra le tecnologie per perseguire l'azzeramento delle emissioni di CO_2 al 2050 con quelle di contenimento degli impatti climatici. I sistemi urbani, che forniscono il principale contributo di emissioni di GHG, rappresentano il contesto ideale su cui sperimentare approcci innovativi per raggiungere obiettivi di sviluppo sostenibile in regime di neutralità climatica.

Per affrontare questa sfida, sono necessari approcci intersettoriali e multiscalari in grado di valutare la complessità dell'interazione tra condizioni climatiche modificate dal global warming e la vulnerabilità dei sistemi urbani. La costruzione di quadri di conoscenza locali capaci di individuare i fattori predisponenti di tipo morfologico, tecnologico, ambientale e socioeconomico per la stima della vulnerabilità climatica rappresenta una priorità per prefigurare livelli di adattamento e di resilienza perseguibili mediante piani e progetti di adattamento (D'Ambrosio, 2018).

Gli indicatori come strumento di analisi ambientale e di valutazione della vulnerabilità climatica

Agli inizi degli anni '90 gli indicatori ambientali sono stati introdotti come strumento principale per la costruzione di quadri di conoscenza e di monitoraggio delle politiche nazionali rispetto agli obiettivi di sviluppo sostenibile dall'Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). L'indicatore è definito sul finire degli anni '80 come «entità semplice che viene utilizzata al posto di un'altra entità per operazioni mentali e pratiche» per fornire una «rappresentazione sintetica di una realtà complessa» (Malcevschi, 1987). Per questa attitudine nell'ambito dei modelli di analisi ambientale, l'approccio *indicator based* riveste un ruolo di primaria importanza proprio per la capacità di rappresentazione sintetica di problematiche complesse legate alla qualità ecosistemica. L'organizzazione in modelli concettuali ha consentito, negli anni, una lettura delle relazioni tra causa-condizione ed effetto con l'obiettivo di favorire una visione integrata dei processi ambientali[1].

L'uso di set di indici e indicatori si profila come uno strumento diagnostico in

1 Tra i modelli ad oggi ancora impiegati vi è quello degli indicatori DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte), elaborato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente nel 1994, sviluppato come implementazione del modello PSR (Pressioni, Stato, Risposte) dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico nel 1991.

grado di restituire la misura di un obiettivo da raggiungere, monitorando l'efficacia delle azioni attivate per il suo conseguimento ed anticipando l'evoluzione di scenari futuri. Gli indicatori, espressione di determinate caratteristiche, possono essere anche aggregati a costituire indicatori sintetici. La costruzione di indicatori di sintesi può essere sviluppata con l'utilizzo di operatori di aggregazione come media o media ponderata, sommatoria o partizionamento in classi in base ad intervalli di valori. La restituzione del dato può configurarsi in termini qualitativi, ovvero come descrizione di caratteristiche o proprietà, o quantitativi, ovvero come dato numerico. Per garantire l'efficacia dell'approccio l'indicatore deve rispondere a determinati requisiti che lo rendano confrontabile nel tempo e nello spazio; tra questi, rientrano l'affidabilità, la disponibilità, l'aggiornabilità dei dati, la rappresentatività delle tematiche considerate, la capacità di restituirne fedelmente e tempestivamente i mutamenti, nonché l'economia delle risorse necessarie a sviluppare l'intero sistema.

Gli indicatori si sono accreditati negli anni come valido strumento per l'integrazione delle tematiche ambientali nelle politiche di sviluppo e nei processi decisionali, configurandosi come un driver significativo nel rapporto informazione-decisione, rappresentando problemi complessi in modo semplice, favorendo la partecipazione locale e la definizione di politiche condivise. L'approccio ampiamente sperimentato a livello internazionale, si orienta verso una maggiore attenzione alle istanze specifiche delle realtà locali, lasciando alle singole comunità la possibilità di selezionare gli indicatori che risultino più calzanti alle peculiarità ambientali e sociali e alle problematiche che vengono percepite come maggiormente cogenti.

Nell'ultimo decennio la diffusione delle politiche di adattamento climatico ha comportato la necessità di sviluppare strumenti in grado di individuare e valutare la possibile vulnerabilità di sistemi, siano essi economici, ambientali o sociali, agli effetti determinati dal cambiamento climatico attraverso la costruzione di modelli basati su indicatori. La vulnerabilità climatica, intensa come la propensione o la predisposizione a essere influenzati sfavorevolmente, abbraccia una molteplicità di concetti, tra cui la sensitività o suscettibilità al danno e la mancanza di capacità a resistere e adattarsi (IPCC, 2014). La conoscenza della vulnerabilità consente di acquisire gli elementi necessari alla costruzione di politiche di pianificazione e strategie di intervento delle opportune misure di adattamento, monitorandone l'efficacia. L'individuazione degli approcci metodologici più utili alla definizione del grado di vulnerabilità climatica muove dalla definizione di alcuni aspetti fondamentali quali l'oggetto della vulnerabilità, le sue cause e l'orizzonte temporale di riferimento. La comunità scientifica internazionale ha prodotto diversi esempi di valutazione di vulnerabilità climatica, basate sia su di un approccio qualitativo che quantitativo[2]. Il primo approccio fornisce risposte a domande più articolate ma risulta deficitario laddove sia necessario procedere ad una comparazione rigorosa

environmental processes[1].

The use of sets of indices and indicators becomes a diagnostic tool to assess the target to achieve, by monitoring the effectiveness of the implemented actions and anticipating the evolution of future scenarios. The indicators, expression of specific characteristics, can also be aggregated to form composite indicators.

The construction of composite indicators can use aggregation operators as average or weighted average, summation or partition in classes based on ranges of values. The result can be qualitative i.e. descriptive of characteristics or properties, or quantitative i.e. numerical.data. In order to ensure the effectiveness of the approach, the indicator must meet certain requirements that make it comparable over time and space; these include data reliability, availability and updatability, the representativeness of the considered issues, the ability to faithfully and promptly return the changes, and the cost-effectiveness of resources needed to develop the whole system.

Over the years, indicators have been accredited as a valid tool for the integration of environmental issues into development policies and decision-making processes, becoming a significant driver in the information-decision relationship, representing complex problems in a simple way, promoting local participation and the definition of shared policies. The approach, widely tested at international level, is oriented towards a greater attention to the specific needs of local realities, leaving to individual communities the possibility to select the indicators that best fit the environmental and social peculiarities and problems that are perceived as more binding. In the last decade, the spread of climate adaptation policies has led to the need of developing tools to identify and assess the possible vulnerability of the economy, the environment, and the social systems to the effects caused by climate change through the construction of indicator-based models. Climate vulnerability, defined as the propensity or predisposition to be adversely affected, encompasses a variety of concepts and elements, including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt (IPCC, 2014). Knowing vulnerability allows to acquire the necessary elements to build planning policies and intervention strategies for appropriate adaptation measures, by monitoring

2 Tra i principali esempi: The Vulnerability Sourcebook – Concepts and guidelines for standardized vulnerability assessments; CLIMSAVE – Climate Change Integrated Assessment Methodology for Cross-Sectoral Adaptation and Vulnerability in Europe; Master Adapt - MAin Streaming Experiences at Regional and local level for ADAPTation to climate change; METROPOLIS - MEtodologie e Tecnologie integRate e sOstenibili Per l'adattamentO e La sIcurezza di Sistemi urbani.

1 Among the models still used today, you find The DPSIR intervention model (Drivers, Pressures, State, Impact, Response), developed by the European Environment Agency in 1994, as an extension of the PSR model (Pressures-State-Response) by the Organisation for Economic Co-operation and Development in 1991.

their effectiveness. The identification of the most useful methodological approaches to the assessment of climate vulnerability starts from the definition of some fundamental aspects such as the object of the vulnerability, its causes and the reference time horizon. The international scientific community has produced several examples of climate vulnerability assessment, based on both a qualitative and quantitative approach[2].

Main indicators for the climate adaptation project to the building and urban scale

In the light of the above considerations, a particularly important phase of the research concerned the identification of a set of indicators to support the construction of adaptive design projects. The study focused on the proposal of a reasoned selection of the main indices and indicators for the control and monitoring of the adaptive design effectiveness before and after the intervention. The indicators were selected starting from the identification of the most widespread in the scientific literature. The selection of indicators was oriented to highlight the correspondence between hazards types (heat wave, pluvial flood, drought) and their potential, direct or indirect, impacts, referring to the physical characteristics of the urban system to identify specific adaptation objectives and quantitative reference targets. The priority objectives considered in the selection of indexes and indicators concerned the adaptation to microclimatic stresses related to the urban heat island and surface flooding, paying attention to the aspects of small water cycle management, soil ecological efficiency and air pollution.

The identification of paradigmatic indicators for climate adaptation is aimed at building coherent systems to assess the adaptive potential on a building and urban scale. The indicators can be used individually or in a combined way to build synthetic performance indices (generally elaborated through models that integrate multiple indicators, characteristics, performances) that describe a climate proof condition of urban districts (and their parts), evaluate alternative scenarios and effectively orient the response to the priority objectives to be specified, from time to time, in relation to the local context and available resources.

tra due o più soluzioni di adattamento, ovvero di riduzione della vulnerabilità; il secondo, invece, seppur estremamente limitato dalla carenza di dati da elaborare, fornisce, come output, dei valori numerici più facilmente verificabili.

Principali indicatori per il progetto di adattamento climatico alla scala edilizia e urbana

Alla luce delle considerazioni precedentemente esposte, nell'ambito della ricerca una fase di particolare rilievo ha riguardato l'individuazione di un set di indicatori di supporto alla costruzione di progetti di *adaptive design*. Lo studio si è concentrato sulla proposta di una selezione ragionata dei principali indici e indicatori per il controllo e il monitoraggio dell'efficacia del progetto di adattamento in fase pre e post intervento. La selezione è stata attuata a partire dall'identificazione di quelli più diffusi nella letteratura scientifica e più frequentemente utilizzati nelle prassi operative per la conoscenza di quei fattori fisici e ambientali predisponenti che rendono vulnerabile l'ambiente costruito agli eventi climatici estremi in area euromediterranea.

La scelta degli indicatori è stata orientata ad evidenziare la corrispondenza tra tipologie di *hazard* (*heat wave*, *pluvial flood*, *drought*) e loro impatti potenziali, diretti o indiretti, in riferimento alle caratteristiche fisiche del sistema urbano come supporto al processo di identificazione di obiettivi specifici di adattamento e target quantitativi di riferimento. Gli obiettivi prioritari considerati nella selezione di indici e indicatori hanno riguardato l'adattamento agli stress microclimatici legati all'isola di calore urbana e agli allagamenti superficiali ponendo attenzione agli aspetti di gestione del piccolo ciclo dell'acqua, di efficienza ecologica dei suoli e di inquinamento atmosferico.

L'individuazione di indicatori ritenuti paradigmatici per l'adattamento climatico è finalizzata alla costruzione di sistemi coerenti di valutazione del potenziale adattivo a scala edilizia e urbana. Gli indicatori possono essere utilizzati singolarmente oppure in maniera combinata per costruire indici sintetici di performance (generalmente elaborati attraverso modelli che integrano più indicatori, caratteristiche, prestazioni) da utilizzare per descrivere una condizione *climate proof* di distretti urbani (e loro parti), per valutare scenari di intervento alternativi e orientare in maniera efficace la risposta agli obiettivi prioritari da declinare, di volta in volta, in relazione al contesto locale e alle risorse disponibili.

Nel lavoro di ricerca sono stati individuati sia indici che indicatori. I primi si configurano come indici urbanistici, di uso cogente, finalizzati alla valutazione dell'efficienza ecologica dei suoli nei progetti di riqualificazione o di nuova realizzazione in ambito urbano. Gli indicatori, espressione di una determinata caratteristica, forniscono un supporto alla valutazione di aspetti morfologici, tecnologici e ambientali del sistema urbano che concorrono in maniera significativa alle azioni di adattamento. Per una risposta *climate proof* del sistema urbano, infatti, non è possibile prescindere «dalle qualità dell'ambiente costruito nelle sue caratteristiche e prestazioni tipo-morfologiche, dell'insediamento e dei tracciati viari, dell'orientamento, degli edifici e degli elementi urbani, delle tecniche costruttive, dell'involucro edilizio e delle superfici, delle condizioni orografiche, della presenza del verde» (Losasso, 2017, p. 24).

L'elevato grado di trasformazione dei suoli in ambito urbano ha alterato i processi idrogeologici naturali di infiltrazione ed evapotraspirazione determinando, durante eventi intensi di pioggia, il deflusso superficiale di importanti volumi di acqua

2 *Among the main examples: The Vulnerability Sourcebook - Concepts and guidelines for standardized vulnerability assessments; CLIMSAVE - Climate Change Integrated Assessment Methodology for Cross-Sectoral Adaptation and Vulnerability in Europe; Master Adapt - MAin Streaming Experiences at Regional and local level for ADAPTation to climate change; METROPOLIS - MEtodologie e Tecnologie integRate e sOstenibili Per l'adattamentO e La sIcurezza di Sistemi urbani.*

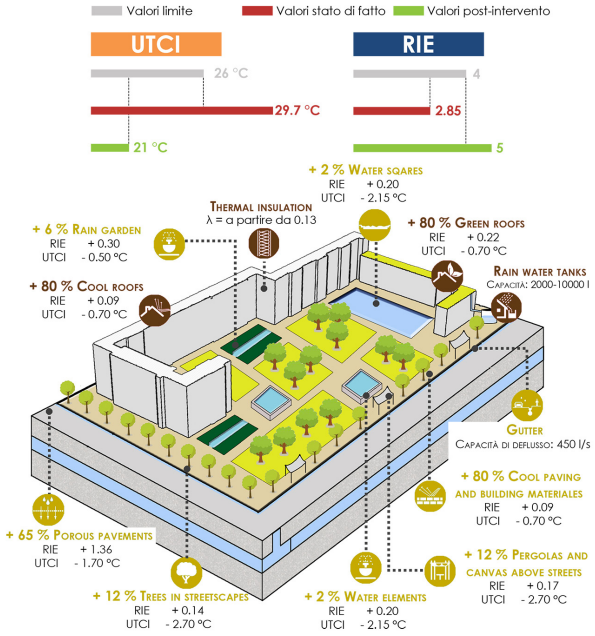


Fig. 1 - Esempio di utilizzo di indici per il controllo delle condizioni *climate proof* in fase metaprogettuale / *Example of the use of indices to control climate proof conditions in the meta-project phase* (Elaboration by Sara Verde, 2019).

(runoff) lungo le strade e gli spazi aperti impermeabilizzati (IPCC, 2018). L'alterazione della capacità drenante dei suoli, accanto alla drastica limitazione di superfici ecologicamente efficienti, induce inoltre una riduzione della capacità di stoccaggio delle acque nel sottosuolo, con ricadute sulla disponibilità della fornitura idrica, soprattutto a valle di lunghi periodi di siccità. L'elevata densità edilizia, l'albedo, la capacità termica delle superfici, la ventilazione e la geometria dei tessuti urbani, rappresentano ulteriori fattori di criticità per il fenomeno dell'isola di calore urbana.

Tra gli indicatori orientati alla conoscenza della forma urbana, ad esempio, nella elaborazione della ricerca figurano lo Sky View Factor e l'Urban Aspect Ratio che, insieme all'albedo e al Normalized Difference Vegetation Index, possono contribuire al controllo dello scambio di calore radiante tra la terra e il cielo con la finalità di ridurre la vulnerabilità del sistema fisico all'isola di calore urbana. Tra gli indicatori tecnologici figurano prevalentemente indicatori alla scala edilizia quali la Trasmittanza dinamica e la Superfice opaca trasparente. Nella selezione degli indicatori ambientali (Air Pollutant, Riduzione di CO_2 e CO_2eq, Greenhouse Gases) sono stati evidenziati quelli di comfort outdoor e indoor (Mean Radiant Temperature - MRT, Physiological Equivalent Temperature - PET, Predicted Mean Vote- PMV, Wind Speed) in quanto, pur non agendo direttamente sulla riduzione della vulnerabilità fisica del sistema costruito, consentono di valutare, a valle di soluzioni tecniche di retrofit sull'involucro edilizio o sullo spazio aperto, il beneficio in termini di riduzione delle condizioni di stress climatico legato alle *heat wave*.

Ogni indicatore o indice è trattato a partire dal suo inquadramento nella letteratura scientifica o tecnica con la quale ne viene ricostruita l'evoluzione concettuale e le principali applicazioni nel campo della ricerca progettuale. Trattandosi preva-

In the research work, both indices and indicators were identified. The former are urban planning indices of mandatory use, aimed at evaluating the ecological efficiency of soils in urban areas redevelopment or new construction projects. The indicators, expression of a specific characteristic, provide support for the evaluation of the urban system morphological, technological and environmental aspects that contribute significantly to adaptation actions (Losasso, 2017, p. 24).

The high degree of soil transformation in urban areas has altered the natural hydrogeological processes of infiltration and evapotranspiration, causing the surface runoff of important volumes of water along the roads and waterproofed open spaces during intense rainfalls events (IPCC, 2018). The alteration of soil drainage capacity, together with the drastic limitation of ecologically efficient surfaces also leads to a reduction of the water storage capacity in the subsoil, with repercussions on the availability of water supply, especially after long periods of drought. The high building density, the albedo, the thermal capacity of the surfaces, the ventilation and the geometry of the urban fabrics are further critical factors for the urban heat island phenomenon.

In the elaboration of the research, among the indicators oriented to the knowledge of the urban form you can find, for example, the Sky View Factor and the Urban Aspect Ratio which, together with the albedo and the Normalized Difference Vegetation Index, can contribute to the control of the radiant heat exchange between earth and sky in order to reduce the vulnerability of the physical system to the urban heat island. Technological indicators include mainly indicators at the building scale, such as Dynamic transmittance and Transparent opaque surface. In the selection of environmental indicators (Air Pollutant, CO_2 Reduction, Greenhouse Gases), we highlighted the outdoor and indoor comfort ones (Mean Radiant Temperature - MRT, Physiological Equivalent Temperature - PET, Predicted Mean Vote - PMV, Wind Speed) since, although they do not directly affect the reduction of the physical vulnerability of the built system, they allow to evaluate, after technical retrofit solutions on the building envelope or on the open space, the benefit in terms of reduction of heat waves-related climate stress conditions.

Each indicator or index is analysed starting from its classification in the scientific or technical literature, that reconstructs its conceptual evolution and main applications in the design research field. Since these indicators are mainly quantitative, the "objects" of the measurement, the unit of measurement and the scale to which data refer (building, urban, territorial) as well as the data resolution scale are always explicit, reporting benchmarks, thresholds or classifications to assess the effectiveness

levels. The systemic and procedural approach of environmental technology design can provide multi-objective responses to the theme of the built environment resilience, through design support methodologies based on the measurability of system performance ex ante and ex post, to compare the effectiveness of alternative interventions for the reduction of vulnerability «using appropriately the innovation contents offered by digital technologies to interpret/model basic data and indicators» (Lucarelli & Rigillo, 2018, p.62). The diffusion of information technologies is opening new scenarios in the building interventions field, resulting in a radical change in the design methods. The use of ICT in adaptive design induces «dynamic processes, with a flexible articulation, interconnected, open to information and checks» (Tersigni, 2019, p.215), where the modelling and simulation contributions, typical of the enabling technologies, «allow a synthetic understanding of reality, expanding the built environment towards scenarios of a world that is hybridized with reactive and sensitive technologies in order to answer to variable inputs» (Losasso, 2019, p.216).

lentemente di indicatori di tipo quantitativo, sono sempre esplicitati gli "oggetti" della misura, l'unità di misura e la scala a cui fa riferimento il dato (edilizia, urbana, territoriale) nonché la scala di risoluzione del dato stesso, riportando benchmark, soglie o classificazioni per valutare i livelli di efficacia. Un aspetto rilevante fa riferimento all'esplicitazione delle modalità di misurazione dell'indicatore attraverso specifiche formule, processi di misurazione o software di calcolo, modellazione, simulazione.

L'approccio sistemico e processuale della progettazione tecnologica ambientale può fornire risposte multi-obiettivo al tema della resilienza dell'ambiente costruito attraverso metodologie di supporto al progetto basate sulla misurabilità delle prestazioni del sistema ex ante ed ex post per confrontare l'efficacia di alternative di intervento sulla riduzione della vulnerabilità «utilizzando in modo appropriato i contenuti di innovazione offerti dalle tecnologie digitali per interpretare/modellizzare dati di base e indicatori» (Lucarelli & Rigillo, 2018, p.62). La diffusione delle tecnologie informatiche sta aprendo nuovi scenari nell'ambito degli interventi sul costruito, determinando un mutamento radicale delle modalità di produzione del progetto. L'utilizzo delle ICT nei progetti di *adaptive design* induce «processi dinamici, dall'articolazione flessibile, interconnessi, aperti a informazioni e verifiche» (Tersigni, 2019, p.215) in cui l'apporto della modellazione e simulazione, proprie delle tecnologie abilitanti, «consentono una comprensione sintetica della realtà, dilatando l'ambiente costruito verso scenari di un mondo ibridato con tecnologie reattive e sensibili per risposte a input variabili» (Losasso, 2019, p.216).

References

Baltzar, E., Varbova ,V. & Zhechkov R. (2009), "Improving the Climate Resilience of Cohesion Policy Funding Programmes", ENEA Working Group on Climate Change and Cohesion Policy, Regional Environmental Center.

Commissione Europea (2019), *Il Green Deal europeo*, COM(2019) 640 final, Bruxelles 11.12.2019, pp. 1-26, available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640 (accessed 16 November 2020).

D'Ambrosio, V. (2018), "Vulnerabilità climatica, scenari di impatto e strategie di adattamento per la città resiliente", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n.15, pp. 246-256, available at: https://oaj.fupress.net/index.php/techne/issue/view/364 (accessed 16 November 2020).

EEA (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, EEA Report No 12/2020, available at: https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe (accessed 16 November 2020).

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability,* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Field, C. B., Barro V. R. et al. (eds), Cambridge UniversityPress, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.

Losasso, M. (2017), "Prefazione", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 1. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza,* Clean, Napoli, pp. 20-25.

Losasso, M. (2019), "Produrre il progetto nell'era digitale", in Lauria, M., Mussinelli, E., Tucci, F. (eds), *La produzione del progetto*, Maggioli Editore, Milano, pp. 213-218.

Lucarelli, M.T. & Rigillo, M. (2018), "Resilienza e cultura tecnologica: la centralità del metodo", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n.15, pp 60-64.

Malcevschi, S. (1987), "Indicatori eterogenei e bilanci di impatto ambientale. Elementi per un paradigma di collegamento", in Schmidt di Friedberg, P. (ed), *Gli indicatori ambientali: valori, metri e strumenti nello studio di impatto ambientale: Atti del Convegno, 29-30 maggio 1984*, FrancoAngeli, Milano.

Tersigni, E. (2019), "Strumenti digitali per il controllo ambientale del progetto adattivo", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici,* Clean, Napoli, pp. 214-225.

Biotope Area Factor (BAF)

Anita Bianco, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il *Biotope Area Factor* BAF, (dal ted. *Biotopflächenfaktor,* denominato anche come *Biotope Area Ratio* BAR*)*, è un parametro adimensionale che valuta la funzionalità ecosistemica dell'ambiente costruito, specialmente riferita alla permeabilità complessiva di una certa area urbana (isolato, quartiere o città), utile per la valutazione e la pianificazione di molteplici aspetti di tipo ambientale e urbanistico.

Il BAF è stato introdotto come indice non vincolante dal 1979, all'interno del *Landschaftsprogramm* (Piano per il paesaggio) per Berlino Ovest approvato dal Senato per l'Urbanistica e la Protezione dell'Ambiente, e dal 1994 è divenuto vincolante per l'intera città nelle aree interessate dal *Landschaftspläne* (circa il 16% della superficie totale), mentre per le altre aree il BAF è norma di consiglio (*vis directiva*), usato come linea guida per incoraggiare misure ambientali integrandole in caso di riqualificazione dell'esistente. Attualmente esso è utilizzato come standard di pianificazione della Municipalità di Berlino. La sua introduzione ha previsto come importante obiettivo per lo sviluppo urbano la riduzione dell'impatto ambientale nel centro della città, proponendo attraverso di esso di poter perseguire la qualità ambientale, salvaguardando e migliorando il microclima e l'igiene urbana, garantendo una gestione ecologica dei suoli e l'equilibrio idrico, migliorando la qualità e salubrità dell'habitat urbano (Landschaft Planen & Bauen et al, 1990).

La definizione del BAF è basata su un abaco di soluzioni tipo-tecnologiche che associano alle varie tipologie (in tutto nove) di pavimentazione e copertura (erba, autobloccanti, asfalto, *green roof*, etc) un coefficiente compreso fra 1 (totale permeabilità) e 0 (impermeabilità assoluta)[1].

Per poter determinare il valore del BAF su un lotto, questo va scomposto in poligoni omogenei rispetto ai coefficienti delle superfici individuati dal BAF. Per ogni tipologia di superficie bisogna determinare l'indice rappresentativo della *ecologically-effective surface area* (EEA)*,* costituita dal prodotto fra l'area intesa in senso geometrico (S_i) e il coefficiente (p_i); infine si otterrà il valore dell'indicatore effettuando il quoziente tra la somma dell'EEA e l'area totale del lotto. Si otterrà un valore decimale compreso tra 0 e 1.

Il risultato sarà da riferirsi a target urbanistici stabiliti in base alla destinazione d'uso della zona su cui si sta indagando e a seconda dell'indice di occupazione del suolo (DC). Infatti per valori di DC maggiori di 0,37 e minori di 0,50 il BAF può variare da 0,60 - 0,30 per le unità residenziali esistenti e per le strutture pubbliche,

1 Tali valori sono valutati mediante cinque parametri: (1) capacità di evapotraspirazione dell'acqua; (2) capacità di trattenere e legare particelle sospese nell'aria; (3) capacità di trattenere e infiltrarsi nelle acque piovane; (4) potenziale per mantenere e supportare le funzioni naturali del suolo. I pianificatori quindi compilano un elenco a seconda dei differenti pesi creeranno categorie (Keeley, 2011).

The Biotope Area Factor BAF, (from Ger. Biotopflächenfaktor, also known as Biotope Area Ratio BAR), is an dimensionless parameter that evaluates the ecosystemic functionality of the built environment, especially referring to the overall permeability of a certain urban area (block, neighbourhood or city), useful for the evaluation and planning of multiple environmental and urban planning aspects.

The BAF has been introduced as a not-binding index since 1979, within the Landschaftsprogramm (Landscape Plan) for West Berlin approved by the Senate Department for Urban Planning and Environmental Protection, and since 1994 it has become binding for the whole city in the areas covered by the Landschaftspläne (about 16% of the total surface area), while for other areas the BAF is an advice standard, used as a guideline to encourage environmental measures by integrating them in the case of buildings redevelopment. It is currently used as a planning standard by the Municipality of Berlin. Its introduction has foreseen as a goal for urban development the reduction of environmental impact in the city centre, proposing through it to pursue environmental quality, safeguarding and improving the microclimate and urban hygiene, ensuring ecological soil and water management, improving the quality and healthiness of the urban habitat (Landschaft Planen & Bauen et al, 1990).

The definition of the BAF is based on different types of areas (nine in all) such as sealed areas, Semi-enclosed areas, green vertical areas, green roof, with a coefficient between 1 (total water-permeability) and 0 (absolute waterproof)[1].

To determine the BAF value on a batch, it must be broken down into homogeneous polygons concerning the area coefficients identified by the BAF. For each type of surface it is necessary to determine the representative index of the ecolog-

1 These values are evaluated using five parameters: (1) high evapotranspiration efficiency; (2) high capacity for binding dust; (3) infiltration ability and storage of rainwater; (4) potential to maintain and support natural soil functions; (5) availability as a habitat for plants and animals. Planners then compile a list according to the different weights will create categories (Keeley, 2011).

ically-effective surface area (EEA), consisting of the product between the area understood in the geometric sense (and the coefficient); finally, the value of the indicator will be obtained by making the quotient between the sum of the EEA and the total area of the lot. A decimal value between 0 and 1 will be obtained.

The result will refer to urban targets established according

$$BAF = \frac{\text{ecological - effective surface area}}{\text{total land area}} = \frac{\Sigma(S_i x\ p_i)}{TLA}$$

Biotope Area Factor calculation (Source: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/anwendungsbereiche.shtml)

to land use and to the site occupancy index (DC). In fact, for DC values greater than 0.37 and less than 0.50 the BAF can vary from 0.60 - 0.30 for existing residential units and public facilities, while for schools and office and commercial buildings a fixed value of 0.30 is set. For new buildings, depending on the intended use, the BAF does not depend on the DC but fixed and according to the maximum parameter of 0.60 for residences and public facilities and 0.30 for new schools or office and commercial buildings. Where these values are not achievable, the Berlin Senate has decided that green walls and roofs should be used. The high building density leads to negative effects of soil sealing and consequently to an inadequate supply of groundwater, due to the rapid runoff of rainwater into the sewage system, lack of humidity and rising temperatures, and thus the reduction of habitats for plants and animals due to inadequate green spaces. The BAF encourages greening of surfaces and is concerned with soil permeability for effectiveness in water absorption. The BAF encourages greening of surfaces and is concerned with soil permeability for effectiveness in water absorption. Considering the ability of an area to menage rainwater (De Lotto et al., 2015), before it is collected in urban drainage systems, adhering to the right BAF values becomes decisive in highly densified contexts following extreme weather events. In the case of waterproof soils, the quantity of rainfall - instead of being absorbed - flows directly into the rain drainage systems which, by exceeding their water flow rate, cause flooding, landslides and in some cases mudflows. Besides, the poor permeability of the soils determines consequences about the higher temperatures in the area because of not cooling action of evapotranspiration, but also the increase in convective air movements and the transport of soil pollution into the atmosphere, phenomena linked to the urban heat island effect. Through BAF programmes, therefore, the production of ecosystem services in the urban environment is promoted because they

$$BAF = \frac{\text{ecological - effective surface area}}{\text{total land area}} = \frac{\Sigma(S_i x\ p_i)}{TLA}$$

Calcolo del Biotope Area Factor / *Biotope Area Factor* calculation (Source: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/anwendungsbereiche.shtml)

mentre per le scuole e gli edifici direzionali e commerciali è fissato un valore fisso di 0,30. Per i nuovi edifici, a seconda della destinazione d'uso il BAF non dipende dal DC ma fisso e secondo il parametro massimo di 0,60 per le residenze e strutture pubbliche e di 0,30 per le nuove scuole o edifici direzionali e commerciali. Laddove questi valori non sono raggiungibili, il Senato di Berlino ha stabilito che si ricorresse a pareti e tetti verdi.

La forte densità edilizia determina ricadute negative derivanti dall'impermeabilizzazione del suolo e di conseguenza un inadeguato rifornimento delle acque di falda, a causa del rapido deflusso delle acque meteoriche nei sistemi fognari, carenza di umidità e aumento delle temperature, e così la riduzione degli habitat per piante e animali, a causa di spazi verdi inadeguati. Il BAF incentiva un inverdimento delle superfici e si interessa della permeabilità dei suoli per l'efficacia nell'assorbimento dell'acqua. Se si considera la capacità di un'area di rimettere in circolo l'acqua piovana (De Lotto et al., 2015), prima che essa venga raccolta nei sistemi di drenaggio urbano, attenersi a giusti valori di BAF diventa determinante nei contesti fortemente densificati in seguito ad eventi metereologici estremi. Nel caso di suoli impermeabili, infatti, la quantità d'acqua piovana - invece di essere assorbita in buona parte del terreno - confluisce direttamente nei sistemi di smal-

Weighting factor / per m² of surface type	Description of surface types
 Sealed surfaces **0.0**	Surface is impermeable to air and water and has no plant growth (e.g., concrete, asphalt, slabs with a solid subbase)
 Partially sealed surfaces **0.3**	Surface is permeable to water and air; as a rule, no plant growth (e.g., clinker brick, mosaic paving, slabs with a sand or gravel subbase)
 Semi-open surfaces **0.5**	Surface is permeable to water and air; infiltration; plant growth (e.g., gravel with grass coverage, wood-block paving, honeycomb brick with grass)
 Surfaces with vegetation, unconnected to soil below **0.5**	Surfaces with vegetation on cellar covers or underground garages with less than 80 cm of soil covering
 Surfaces with vegetation, unconnected to soil below **0.7**	Surfaces with vegetation that have no connection to soil below but with more than 80 cm of soil covering
 Surfaces with vegetation, connected to soil below **1.0**	Vegetation connected to soil below, available for development of flora and fauna

Tab. 1 - Abaco Originario del Biotope Area Factor / *Original BAF abacus* (Source:http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/anwendungsbereiche.shtml).

timento che superando la loro portata d'acqua, determinano fenomeni di *flooding*, smottamenti e in alcuni casi colate di fango. Inoltre, la scarsa permeabilità dei suoli determina conseguenze riguardo l'aumento delle temperature dell'area in quanto viene meno l'azione rinfrescante dell'evapotraspirazione, ma anche l'incremento dei moti convettivi dell'aria e il trasporto in atmosfera dell'inquinamento dei suoli, fenomeni legati all' effetto isola di calore urbana. Attraverso i programmi di utilizzo del BAF si promuove dunque la produzione di servizi ecosistemici in ambito urbano perché sono in grado di migliorare il microclima urbano e la salubrità dell'aria, di sviluppare le funzioni ambientali dei suoli e la gestione sostenibile delle risorse idriche, creare e valorizzare spazi vitali per la fauna e la flora urbane, di migliorare la qualità dell'ambiente di vita urbano (MEA, 2005; Ahern, 2007; Mussinelli et al., 2018).

Tuttavia vi sono delle debolezze di questo approccio che riguardano la scarsa attenzione alla differenza che intercorre fra i diversi tipi di suolo e la qualità della vegetazione in termini di struttura e diversità, infatti si pone l'attenzione sui valori minimi di superficie permeabile piuttosto che focalizzarsi sulla domanda relativa alla quantità di cui si necessita in risposta all' *hazard* (Keeley, 2011). Infatti gli standard prestazionali sono difficili da quantificare e richiedono personale amministrativo qualificato. Ma al contempo è flessibile all'applicazione anche in altri contesti vista la capacità di quantificare in modo rigoroso gli aspetti legati alla permeabilità del suolo di una certa area (isolato, distretto, quartiere o città), dunque anche urbanisti e amministratori di altre città hanno affermato il loro interesse a tale indicatore.

La stima del BAF viene effettuata per aree ristrette e in modo sostanzialmen-

can improve the urban microclimate and the healthiness of the air, develop the environmental functions of soils and the sustainable management of water resources, create and enhance vital spaces for urban fauna and flora, to improve the quality of the urban living environment (MEA, 2005; Ahern, 2007; Mussinelli et al., 2018). However, there are weaknesses in this approach that relate to the lack of attention to the difference between different soil types and the quality of vegetation in terms of structure and diversity, in fact, the focus is on minimum values of a permeable area rather than focusing on the question of how much is needed in response to the hazard (Keeley, 2011). In fact, BAF targets are difficult to quantify and require qualified administrative staff. But at the same time, it is flexible to apply to other contexts as well, given its ability to rigorously quantify the soil permeability aspects of a certain area (block, district, neighbourhood or city), so planners and administrators in other cities have also expressed their interest in this indicator.

The estimation of the BAF is carried out for restricted areas and in a substantially manual way through existing maps (vector maps, orthophotos and images) on which to create thematic maps through GIS or CAD applications, but nevertheless there are studies aimed at the research (Casella et al., 2015) of faster, automatic, objective methodologies and applicable to large areas.

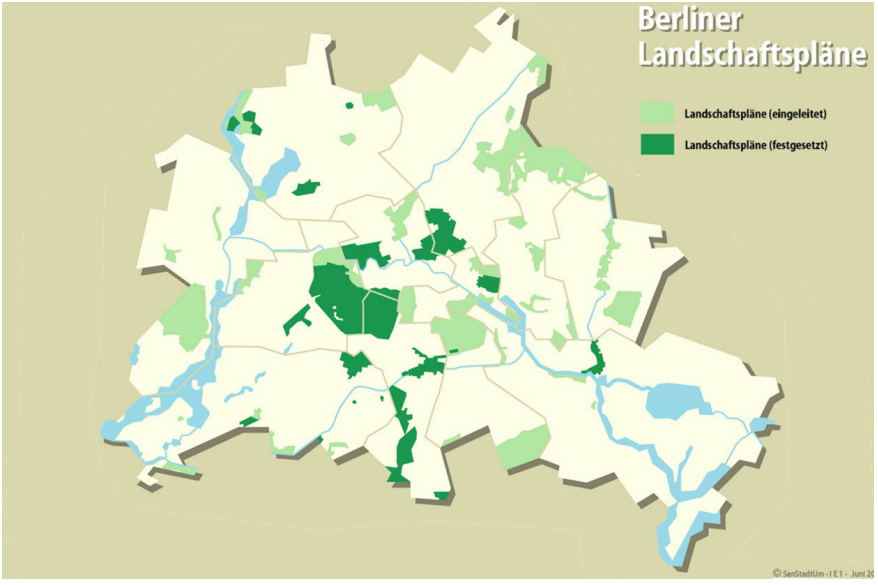




Fig.1 - Landschaftspläne, Piano Paesaggistico di Berlino, Germania / *Landschaftspläne, Berlin landscape plane, Germany* (Source: SenUVK available at: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/anwendungsbereiche.shtml).

Fig.2 - Cortile verde a Berlino, Germania / *Green courtyard in Berlin, Germany* (Source: SenUVK).

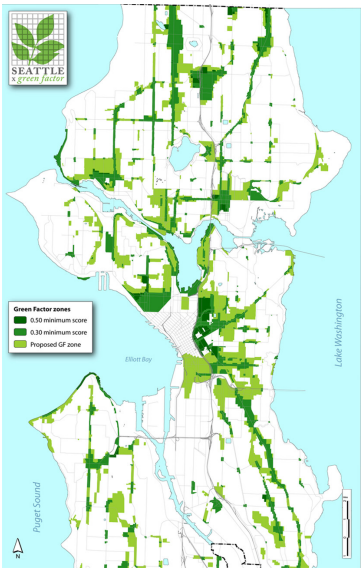


Fig. 3 - Esempio di mappatura del Biotope Area Factor, Seattle, USA / *Example of BAF mapping, Seattle, USA* (Source: www.seattle.gov).

te manuale attraverso mappe esistenti (mappe vettoriali, ortofoto e immagini) su cui creare mappe tematiche attraverso applicazioni GIS o CAD, ma tuttavia sono presenti studi volti alla ricerca (Casella et al., 2015) di metodologie più rapide, automatiche, oggettive e applicabile ad ampie zone.

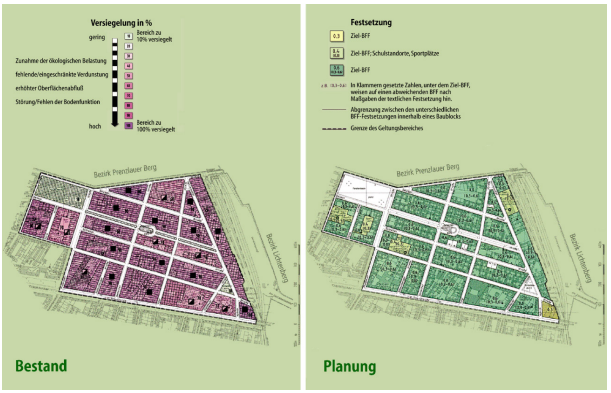


Fig. 4 - Confronto tra planimetria dell'esistente e pianificato attraverso l'indicatore BAF, città di Berlino, Germania / *Comparison of existing and planned plans using the BAF indicator, city of Berlin, Germany* (Source: SenUVK available at: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/en/anwendungsbereiche.shtml).

References

Ahern, J. (2007), "Green infrastructure for cities: the spatial dimension" in V. Novotny & P. Brown (eds), *Cities of the future: towards integrated sustainable water and landscape management*, IWA Publishing, London, pp. 267-283.

Casella, V., Franzini, M., Girone, G. & Marchese, P. (2015) "Quantificazione del Biotope Area Factor (BAF) con procedure automatiche di analisi della cartografia esistente", proceedings of XIX Conferenza Asita, Lecco, Italy.

Cloos, I. (2009), "A project celebrates its 25th birthday. The Landscape Programme including Nature Conservation for the City of Berlin"

De Lotto, R., Casella, V., Franzini, M., Gazzola, V., di Popolo, C. M., Sturla, S. & Venco, E. M. (2015), "Estimating the Biotope Area Factor (BAF) by means of existing digital maps and GIS Technology", in *International Conference on Computational Science and Its Applications-ICCSA 2015*, Lecco, 29-30 September - 1 october 2015, Springer International Publishing, pp. 617- 632.

Lakes, T. & Kim, H. O. (2012), "The urban environmental indicator Biotope Area Ratio - An enhanced approach to assess and manage the urban ecosystem services using high resolution remote-sensing", *Ecological Indicators*, *13*(1), pp. 93-103.

Landschaft Planen & Bauen, Becker R. & Mohren, G. (1990), *The biotope area factor as an ecological parameter–principles for its determination and identification of the target,* Senate Department for Urban Development in Berlin, available at: http://tinyurl.com/zree5hu.

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.

Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. & Malcevschi, S. (2018), "Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano", in *Techne. Journal of Technology for Architecture & Environment*, FU press, Firenze, n.15, pp. 116-123.

Keeley, M. (2011), "The Green Area Ratio: an urban site sustainability metric" in *Jou. of environment planning and management*, 54 (7), pp. 937-958.

Kruuse, A. (2011), "The green space factor and the green points system", *GRaBS*, Expert Paper, 6.

Vartholomaios, A., Kalogirou, N., Athanassiou, E. & Papadopoulou, M. (2013), "The green space factor as a tool for regulating the urban microclimate in vegetation-deprived Greek cities", *Changing Cities: Spatial, morphological, formal & socio-economic dimensions,* proceedings of the international conference, Skiathos island, Greece, 18-21 June 2013.

Websites

https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml

https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/stadtgruen/geschichte/en/stadtgruen/gesamtberlin_1990/1990_bis_1999/index.shtml

Riduzione Impatto Edilizio (RIE)

Eduardo Bassolino, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Definizione dell'indice di Riduzione Impatto Edilizio

Il RIE, Riduzione Impatto Edilizio, è un indice che descrive la qualità ambientale di un'area urbana, ed è utile alla certificazione degli interventi edilizi in relazione alla permeabilità dei suoli e delle aree verdi che la Città di Bolzano ha adottato tra gli strumenti urbanistici di tipo operativo. Introdotto nel 2004 all'interno del Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano all'art.19 bis, ha reso di fatto obbligatorio l'utilizzo della procedura RIE per la verifica ambientale per interventi di nuova costruzione, per interventi sull'edilizia esistente e per interventi di qualsiasi natura (fondi e/o edifici esistenti), che comportano la modificazione delle superfici esterne esposte alle acque meteoriche, quali coperture, terrazze, sistemazioni esterne, cortili, aree verdi, aree pavimentate, ecc. (Comune di Bolzano, 2004)

L'adozione di questo strumento ha permesso al Comune di Bolzano di promuovere azioni diffuse sul territorio comunale per il miglioramento del microclima urbano allo scopo di ottenere concessioni edilizie, un *do ut des* tra cittadini e Amministrazione utile al raggiungimento di un'elevata qualità ecologica urbana per l'intera comunità.

Il RIE è incentrato sull'applicazione integrata di sistemi e tecnologie utili alla gestione e al recupero delle acque meteoriche attraverso azioni finalizzate alla deimpermeabilizzazione dei suoli e al *greening* urbano.

Indici di misurazione del valore ecologico delle aree urbane costruite

Il RIE di Bolzano si inserisce all'interno di un ampio panorama di strumenti di supporto alle decisioni in fase di elaborazione, proposta ed approvazione di interventi in ambito urbano su edifici e spazi aperti e che, attraverso uno scambio tra cittadinanza ed amministrazione pubblica, consentono di attuare azioni diffuse per il miglioramento dell'ambiente urbano costruito.

Il primo tra questi strumenti è il BAF – Biotope Area Factor, introdotto dall'amministrazione pubblica di Berlino nel 1994. Il BAF, esprime il rapporto tra la superficie ecologicamente efficiente e la superficie totale considerata nell'intervento. È un indice che calcola, in maniera ponderata, il "valore ecologico" delle singole parti che compongono l'area presa in considerazione ed impone il raggiungimento di un punteggio minimo a seconda della tipologia di edificio (residenziale, commerciale, direzionale, pubblico, scuole, scuole infermieristiche e centri di assistenza, infrastrutture tecniche). L'introduzione del BAF è volta alla promozione ed all'incremento di servizi ecosistemici, in particolare, attraverso l'introduzione di tetti e facciate verdi su edifici pubblici e privati, ma anche attraverso l'incremento delle superfici evapotraspiranti in spazi pubblici e privati, al fine di implementare le superfici permeabili.

Definition of the Building Impact Reduction Index

The RIE, Building Impact Reduction, is an index that describes the environmental quality of an urban area and is useful for the certification of building interventions about the permeability of soils and green areas that the City of Bolzano has adopted as operative urban planning tool. Introduced in 2004 within the Building Regulations of the Municipality of Bolzano (art.19 bis), the use of the RIE has made mandatory for environmental verification of new construction, existing buildings and any interventions (funds and/or existing buildings), which involves the modification of the external surfaces exposed to rainwater, such as roofs, terraces, external arrangements, courtyards, green areas, paved areas, etc. (Comune di Bolzano, 2004, p. 2).

The adoption of this tool has allowed the Municipality of Bolzano to promote widespread actions in the municipal area to improve the urban microclimate to obtain building permits, a do ut des between citizens and Administration, useful for achieving high urban ecological quality for the whole community.

The RIE focuses on the integrated application of systems and technologies useful to mange and recovery rainwater through actions aimed at the de-sealing of soils and urban greening.

Indices to measure the ecological value of built urban areas

The RIE of Bolzano is part of a broad panorama of tools to support decisions during the development, proposal and approval of urban interventions on buildings and open spaces and which, through an exchange between citizenship and public administration, allow to implement widespread actions to improve the built urban environment.

The first of these tools is the BAF - Biotope Area Factor, introduced by the Berlin public administration in 1994. The BAF expresses the relationship between the environmentally efficient area and the total area considered in the intervention. It is an index that calculates, in a weighted way, the "ecological value" of the individual parts that form the considered area and requires the achievement of a minimum score depending on the type of building (residential, commercial, office, public, schools, nursing schools and care centres, technical infrastructure). The

introduction of the BAF is aimed at promoting and increasing ecosystem services through the introduction of green roofs and green facades on public and private buildings, but also through the increase of evapotranspiration of surfaces in public and private spaces to implement permeable surfaces.

Indices to measure the ecological value of built urban areas

Similar to BAF both by type of instrument and by calculation method, in 2001 the municipal administration of Malmö in Sweden adopted the Green Space Factor[1], a tool for measuring ecological value. The actions envisaged are substantially similar to those introduced by the BAF, such as green roofs and facades, but also provides the protection of large trees, the introduction of flower beds, hedges, green areas and areas treated with natural aggregates or sand, water bodies. The attribution of points, Green Points, is similar to the BAF, to differ are some coefficients related to planned actions, while the final score is related to the construction index[2], or the relationship between built and free area.

On the international scene, a similar experience is that of the city of Seattle which in 2007 adopted the Seattle Green Factor based on the Berlin and Malmö model. Through a similar evaluation system, the weight of interventions is based on the construction costs which favour more expensive solutions and have a greater effect on environmental benefits.

In Italy, following the experience of Bolzano, the RIE has been also adopted by other municipal administrations, which have effectively implemented urban transformation policies to improve the microclimate and increase the permeability of soils, in the awareness of the increase of risks due to climatic changes and the occurrence of dangerous phenomena for communities such as Urban Heat Island (UHI) and Pluvial Flooding. The RIE was first adopted by the city of Bologna and included in the part of the Performance Sheet E 8.4 "Green care, permeability and urban microclimate", set in art. 56 "Buildings" of the Building Planning Regulation. Subsequently, other Italian

1 In 2001 in Malmö, in the former industrial area of Western Harbor, the international exhibition called "Bo01" or " The Sustainable City of Tomorrow" was held. The exhibition consisted of two experiences, the first, provided a temporary exhibition area of buildings surrounded by gardens and art, the second, the construction of a new residential neighbourhood of 500 houses. The ideas, concepts and solutions lead to the Green Space Factor (Kruuse, 2011, pp. 4-5).

2 For example, if the building covers 60% of the site, the GSF to reach is 0.4; if the buildings covers 50% of the area, the required GSF is 0.5 (Kruuse, 2011, p. 10).

Analogo al BAF sia per tipologia di strumento, sia per metodologia di calcolo, nel 2001 l'amministrazione comunale di Malmö in Svezia ha adottato il Green Space Factor[1], uno strumento per la misurazione del valore ecologico. Le azioni previste risultano sostanzialmente affini a quelle introdotte dal BAF, quali tetti e facciate verdi, ma prevede inoltre la salvaguardia di grandi alberature, l'introduzione di aiuole, siepi, aree verdi ed aree trattate con aggregati naturali o sabbia, specchi d'acqua. L'attribuzione dei punteggi, Green Points, è analoga al BAF, a differire sono alcuni coefficienti relativi ad alcune delle azioni progettuali previste, mentre il punteggio finale è relativo all'indice di costruzione[2], ovvero al rapporto tra area edificata ed area libera.

A livello internazionale, analoga esperienza è quella città di Seattle che del 2007 ha adottato il Seattle Green Factor, basandosi sul modello berlinese e di quello della città di Malmö. Attraverso un analogo sistema di valutazione, il peso degli interventi è basato sugli oneri di realizzazione che privilegiano soluzioni più onerose e di maggiore effetto sui benefici ambientali.

In Italia, a seguito dell'esperienza di Bolzano, il RIE è stato adottato anche da altre amministrazioni comunali, che hanno di fatto attuato politiche di trasformazione urbana per il miglioramento del microclima e l'aumento della permeabilità dei suoli, nella consapevolezza dell'aumento dei rischi dovuti alle alterazioni climatiche e al verificarsi di fenomeni pericolosi per le comunità quali l'Urban Heat Island (UHI) e il Pluvial Flooding. In particolare, il RIE è stato adottato dapprima nella città di Bologna, ed è inserito nella parte della Scheda prestazionale E 8.4 "Cura del verde, permeabilità e microclima urbano", fissata all' art. 56 "Edifici" del Regolamento Urbanistico Edilizio. In seguito, altri comuni italiani come la città di Volvera (TO) e la città di Fontaniva in provincia di Padova, hanno introdotto il RIE all'interno del proprio regolamento edilizio, quale sistema di valutazione negli studi d'impatto, al fine di valutare la permeabilità dei suoi a valle di interventi di trasformazione urbana, definendo, di caso in caso, punteggi minimi da raggiungere differenti rispetto agli standard definiti dal RIE di Bolzano, e a seconda della tipologia d'intervento.

Applicazione dell'indice RIE

L'indice del RIE fa riferimento ad un algoritmo che è in grado di calcolare la capacità di un'area edificata o edificabile, di rispondere adeguatamente alla gestione delle acque meteoriche. L'indice può variare all'interno di una scala che va da 0 a 10 (con intervallo superiore aperto) in cui, maggiore è il punteggio ottenuto, migliore sarà la risposta in termini di miglioramento. In termini pratici, il comune

1 Nel 2001 nella città di Malmö, ed in particolare nell'ex area industriale di Western Harbour, si è tenuta l'esposizione internazionale sull'edilizia abitativa chiamata "Bo01", ma anche "The Sustainable City of Tomorrow". L'esposizione consisteva di due esperienze, la prima, prevedeva un'area espositiva temporanea di edifici circondati da giardini e forme d'arte, una seconda, la realizzazione un nuovo quartiere residenziale di 500 abitazioni. Le idee, i concetti e le soluzioni presentate hanno dato l'avvio alla definizione del Green Space Factor (Kruuse, 2011, pp. 4-5).

2 Ad esempio, se l'edificio copre il 60% del sito, il Green Space Factor da raggiungere è dello 0,4; mentre se gli edifici coprono il 50% dell'area, il Green Space Factor richiesto è 0,5 (Kruuse, 2011, p. 10).

di Bolzano ha stabilito dei limiti entro cui è possibile ottenere la certificazione RIE per il rilascio della concessione edilizia o dell'abitabilità:

- un valore di RIE maggiore o uguale a 1,50, se si tratta di costruzioni in zona produttiva (es. capannoni, stabilimenti produttivi…);
- un valore di RIE maggiore o uguale a 4,00, in caso di zona residenziale (es. condomini, ma anche scuole, chiese…).

L'algoritmo del RIE viene definito da questa formula:

$$RIE = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{Vi} \frac{1}{\Psi_i} + (Se)}{\sum_{i=1}^{n} S_{Vi} + \sum_{j=1}^{m} S_{ij}\Psi_j}$$

dove:
Svi = i-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata trattata a verde
Sij = j-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata non trattata a verde
ψi = i-esimo coefficiente di deflusso
ψj = j-esimo coefficiente di deflusso
Se = Superfici equivalenti alberature

I differenti coefficienti moltiplicativi di deflusso sono stati elaborati a partire dalla letteratura e dalla normativa (Norme DIN, FLL, ATV, scala Frühling, UNI 11235), sono attribuiti a seconda della tipologia di soluzione tecnica e suddivisi in categorie:

- categorie di superfici da inserire al numeratore: superfici permeabili, impermeabili o sigillate trattate a verde;

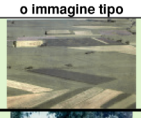
N.rif.	Categoria di superficie	Sezione indicativa o immagine tipo	Specifiche o varianti	Norme di riferimento, valori limite o indicazioni	Ψ
N1	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole				0,10
N2	Corsi d'acqua in alveo naturale				0,10
N3	Specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo e infiltrazione con fondo naturale				0,10
N4	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate				0,20
N5	Pavimentazione in lastre posate a opera incerta con fuga inerbita		Percentuale di superficie inerbita >40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $10^{0} - 10^{-5}$	0,40
			Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $< 10^{-5}$	1,00
N6	Area di impianto sportivo con sistemi drenanti e superficie a prato			Con coefficiente di permeabilità del sistema kf in m/s $10^{0} - 10^{-5}$	0,30
				Con coefficiente di permeabilità del sistema kf in m/s $< 10^{-5}$	1,00

Fig. 1 - Estratto delle schede superfici superfici permeabili, impermeabili o sigillate trattate a verde con indicazione degli indici di permeabilità / *Extract from the tab of permeable surfaces, waterproof or sealed treated with green surfaces with indication of the permeability indexes* (Source: Allegato 1 "Categorie di superficie RIE". Comune di Bolzano, 2009).

municipalities such as the city of Volvera (Turin) and the city of Fontaniva in the province of Padua, introduced the RIE into their building regulations, as an evaluation system in impact studies, to preventively evaluate the permeability of urban transformation interventions, defining, on case-by-case basis, minimum scores to be achieved different from the standards defined by the RIE of Bolzano, and depending on the type of intervention.

Application of the RIE index

The RIE index refers to an algorithm that can calculate the capacity of a built or buildable area, to respond adequately to the management of rainwater. The index can vary within a scale ranging from 0 to 10 (with the upper range open) in which, the higher the score obtained, the better is the response in terms of improvement. In practical, the municipality of Bolzano has established limits within it is possible to obtain RIE certification for the issue of the building permit or habitability:

- *a value of RIE greater than or equal to 1.50, if it concerns constructions in the production area (eg sheds, production plants ...);*
- *a value of RIE greater than or equal to 4.00, in the case of a residential area (eg. apartment buildings, but also schools, churches ...).*

The RIE is defined by this formula:

$$RIE = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{Vi} \frac{1}{\Psi_i} + (Se)}{\sum_{i=1}^{n} S_{Vi} + \sum_{j=1}^{m} S_{ij}\Psi_j}$$

where:
Svi = i-th permeable, waterproof or sealed green treated surface
Sij = j-th permeable, waterproof or sealed untreated green surface
ψi = i-th outflow coefficient
ψj = j-th outflow coefficient
Se = equivalent surfaces of trees

The different multiplication coefficients of outflow have been elaborated starting from literature and legislation (DIN, FLL, ATV, Frühling scale, UNI 11235), they are attributed according to the type of technical solution and divided into categories:

- *categories of surfaces to be included in the numerator: permeable, waterproof or sealed green treated surfaces;*
- *categories of surfaces to be included in the denominator: permeable, waterproof or sealed surfaces not treated with green (Fig. 1).*

In this way, the RIE manages to express a relationship in which, taking into consideration an area subject to environmental analysis, those surfaces treated with green

surfaces are attributed to the numerator, while all other types of surfaces are attributed to the denominator.

The RIE, in addition to being adopted by several Italian municipalities as an assessment tool for urban transformation and redevelopment interventions, proving useful not only for the assessment of the response to rainwater management but as a tool for measuring the degree of naturalization of an area in response to microclimatic improvement, has found wide application within the experimentation in different scientific disciplinary sectors, such as environmental planning, urban planning, naturalistic engineering and agriculture. Within the scientific literature, the RIE is used as an analytical tool for the measurement and evaluation of critical issues, and therefore of environmental performance, providing a useful decision support tool to define urban transformation interventions capable of giving adequate answers in terms of adaptation and mitigation to environmental risks, contributing to the increase in the degree of resilience of the built urban environment.

- categorie di superfici da inserire al denominatore: superfici permeabili, impermeabili o sigillate non trattate a verde (Fig. 1).

In tal modo il RIE riesce ad esprimere un rapporto in cui, prese in considerazione un'area oggetto di analisi ambientale, al numeratore sono imputate quelle superfici trattate a verde, mentre al denominatore, sono imputate tutte le altre tipologie di superfici.

Il RIE, oltre ad essere stato adottato da diversi comuni italiani quale strumento di valutazione per gli interventi di trasformazione e riqualificazione urbana, risultando utile non solo per la valutazione della risposta alla gestione delle acque meteoriche, bensì quale strumento per misurare il grado di naturalizzazione di un area in risposta al miglioramento microclimatico, ha trovato ampia applicazione all'interno della sperimentazione in diversi settori scientifico disciplinari, quali ad esempio la progettazione ambientale, la progettazione urbanistica, l'ingegneria naturalistica l'agraria. All'interno della letteratura scientifica, il R.I.E. viene usato quale strumento analitico per la misurazione e la valutazione delle criticità, quindi delle performance ambientali, fornendo un utile strumento di supporto alle decisioni per la definizione di interventi di trasformazione urbana capaci di dare risposte adeguate in termini di adattamento e mitigazione ai rischi ambientali, concorrendo all'incremento del grado di resilienza dell'ambiente urbano costruito.

References

Comune di Bologna (2015), *Schede tecniche di dettaglio 2015 - R.U.E. Regolamento Urbano Edilizio*, available at: http://sit.comune.bologna.it/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6c31f8aa-1fdd-4218-a908-c4e437ded0b0/SchedeTecnicheDettaglio2015.pdf (accessed 15 November 2019).

Comune di Bolzano (2004), *R.I.E. - Riduzione dell'Impatto Ambientale*, available at: http://www.comune.bolzano.it/urb_context02.jsp%3FID_LINK%3D512%26page%3D10%26area%3D74%26id_context%3D4663 (accessed 15 November 2019).

Comune di Bolzano (2004), *Allegato A del Regolamento Edilizio - Procedura R.I.E (Riduzione dell'Impatto Edilizio)*, available at: https://www.comune.bolzano.it/UploadDocs/14046_allegato_Anlage_A.pdf (accessed 10 November 2019).

Comune di Fontaniva (2017), *Prontuario per la qualtà architettonica e la mitigazione ambientale*, available at: http://www.comune.fontaniva.pd.it/c028038/zf/index.php/trasparenza/index/visualizza-documento-generico/categoria/279/page/2/documento/1005 (accessed 15 November 2019).

Comune di Volvera (2018), *Linee guida per l'incentivazione delle attività di riqualificazione edilizia e territoriale in chiave ambientale per favorire il recupero del patrimonio edilizio esistente*, available at: https://www.comune.volvera.to.it/wp-content/uploads/2018/03/Linee_Guida_All_-Delib_4_2018.pdf (accessed 15 November 2019).

Città di Belino (1994), *BAF – Biotope Area Factor*, available at: https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml (accessed 15 November 2019).

Climate Adapt (2014), *Berlin Biotope Area Factor – Implementation of guidelines helping to control temperature and runoff*, available at: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/berlin-biotope-area-factor-2013-implementation-of-guidelines-helping-to-control-temperature-and-runoff (accessed 15 November 2019).

Kruuse, A. (2011), *GRaBS Expert Paper 6: The Green Space Factor and the Green Points System*, available at: https://www.redfrogforum.org/wp-content/uploads/2020/04/125-GRaBS-Expert-Paper-6-the-green-space-factor-and-the-green-points-system.pdf (accessed 15 Novembrer 2019)

Santi, V. (2007), *Gli strumenti normativi inerenti l'uso del verde in copertura e in facciata, Archivio delle Tecniche e dei Materiali per l'architettura e il disegno industriale*, Università Iuav di Venezia, available at: http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Archivio-d/approfondi/progettare/Normative-di-riferimento-per-le-supe.pdf (accessed 15 November 2019).

Seattle Department of Construction & Inspections (2007), *Seattle Green Factor*, available at: https://www.seattle.gov/sdci/codes/codes-we-enforce-(a-z)/seattle-green-factor (accessed 15 November 2019).

Digital Terrain Model (DTM)

Francesco Alberti, *Università degli Studi di Firenze*
Giulia Guerri, *Università degli Studi di Firenze*

Il modello digitale del terreno (*Digital Terrain Model* - DTM) è la rappresentazione virtuale della morfologia di un territorio, rilevata statisticamente nelle sue componenti plano-altimetriche al netto degli elementi costruttivi e vegetali attraverso l'integrazione di tecniche di misurazione e di calcolo (Fig.1).

Lo sviluppo di tali modelli è strettamente legato all'evoluzione delle tecnologie informatiche e della fotogrammetria. Le prime sperimentazioni e applicazioni sono rinconducibili al lavoro svolto tra il 1955 e il 1958 da Charles Leslie Miller e Arthur Laflamme presso il Laboratorio di Fotogrammetria del Dipartimento di Ingegneria Civile al Massachusetts Institute of Technology per conto del Massachusetts Department of Public Works e del US Bureau of Public Roads, finalizzato alla costruzione di modelli numerici da dati acquisiti mediante rilievi fotogrammetrici a supporto della progettazione di infrastrutture civili e per il monitoraggio della superficie terrestre in relazione ai fenomeni di subsidenza ed erosione del suolo[1].

Altri modelli, con diverse denominazioni, caratteristiche e finalità, sono stati sviluppati nei decenni successivi: tra questi, il DEM (*Digital Elevation Model*) e il DTEM (*Digital Terrain Elevation Model*) negli Stati Uniti, il DHM (*Digital Height Model*) in Germania e il DGM (*Digital Ground Model*) nel Regno Unito. Un discorso a parte riguarda il DSM (*Digital Surface Model*), che a differenza dei precedenti rileva la superficie terrestre comprendendo la vegetazione e i manufatti collocati al di sopra di essa.

A partire dalla metà degli anni '80, grazie allo sviluppo del *Geographic Information System* (GIS), il DTM è divenuto parte integrante dell'infrastruttura dei dati geospaziali di ogni nazione, con applicazioni che si sono progressivamente estese a tutte le discipline riguardanti il territorio, quali la pianificazione territoriale e ambientale, l'ingegneria, la geomorfologia, la geologia, la climatologia e l'idrogeologia (Li et al., 2005; Migliaccio & Carrion, 2016; Hirt, 2016). In Italia, il primo modello del terreno esteso all'intero territorio nazionale è stato effettuato tra il 1986 e il 1990 con differenti livelli di risoluzione (tra 10 m e 50 m) a partire dalla digitalizzazione dell'orografia delle carte IGM alle scale 1: 25.000, 1:50.000 e 1:100.000.

I sistemi DTM sono oggi disponibili al pubblico con una copertura quasi globale, grazie ai dati prodotti da numerose missioni cartografiche satellitari.

I modelli del terreno possono presentare livelli di precisione variabili in funzione della tecnica di misurazione, delle fonti e degli strumenti adottati (Noti, 2014;

1 "The digital terrain model (DTM) is simply a statistical representation of the continuous surface of the ground by a large number of selected points with known X, Y, Z coordinates in an arbitrary coordinate field" (Miller & Laflamme, 1958).

The digital terrain model (DTM) is the virtual representation of the morphology of a land surface, statistically defined in its plano-altimetric configuration, net of built and vegetation elements, through the integration of measurement and calculation techniques (Fig .1).

The development of these models is closely linked to the evolution of information technology and photogrammetry.

The first experiments and applications date back to the work carried out between 1955 and 1958 by Charles Leslie Miller and Arthur Laflamme at the Photogrammetry Laboratory of the Department of Civil Engineering at the Massachusetts Institute of Technology for the Massachusetts Department of Public Works and the US Bureau of Public Roads, aimed at building a computational model upon photogrammetrically acquired terrain data, as a tool for designing civil infrastructure and monitoring the earth's surface in relation to the phenomena of subsidence and soil erosion, as a tool for designing civil infrastructure and monitoring the earth's surface in relation to the phenomena of subsidence and soil erosion[1].

Other models, with different names, characteristics and purposes, were developed in the following decades, like the DEM (Digital Elevation Model) and the DTEM (Digital Terrain Elevation Model) in the United States, the DHM (Digital Height Model) in Germany and the DGM (Digital Ground Model) in the United Kingdom. A separate discussion concerns the DSM (Digital Surface Model), which unlike the previous ones, detects the earth's surface including the vegetation and artifacts placed above it.

Since the mid-1980s, thanks to the development of Geographic Information Systems (GIS), the DTM has become an integral part of the geospatial data infrastructure of every nation, with applications that have gradually extended to all the disciplines concerning the territory, such as urban, regional and

1 "The digital terrain model (DTM) is simply a statistical representation of the continuous surface of the ground by a large number of selected points with known X, Y, Z coordinates in an arbitrary coordinate field" (Miller & Laflamme, 1958).

environmental planning, engineering, geomorphology, geology, climatology and hydrogeology (Li et al., 2005; Migliaccio & Carrion, 2016; Hirt, 2016). In Italy, the first terrain model with national coverage, was carried out from 1986 to 1990 with different resolutions (10 to 50 m), starting from the digitization of the orography from the maps at scales 1: 25,000, 1: 50,000 and 1: 100,000 provided by IGM (Istituto Geografico Militare).

DTM systems are now available to the public with almost global coverage, thanks to the data of many land mapping missions from satellite.

The terrain models can have different levels of precision, depending on the measurement technique, the adopted sources and tools (Noti, 2014; Migliaccio & Carrion, 2016). The main data acquisition and processing methodologies include:

- *acquisition of altitude data through the vectorization of points and contour lines from pre-existing maps: the level of precision of this method is extremely variable, as it depends on the quality of the original map and the ability of the GIS operator;*
- *topographic survey carried out with the aid of total station or GPS instruments: it is indicated only for areas with a limited extension (in the range of one or two hectares), due to the little amount of data that can be acquired;*
- *photogrammetric survey by means of stereoscopic pairs of aerial photographs or satellite imagery from institutional or commercial providers[2]: it allows the expeditious survey of large land surfaces with uniform accuracy in a short time;*
- *remote sensing: it allows the production of models at different scale with short acquisition time, starting from high-resolution images (less than 1 m resolution) obtained by sensors placed on satellites (interferometric technique) or aircrafts (LIDAR system - Light Detection and Ranging or Laser Imaging Detection): the latter technique is particularly suitable for applications at the scale of the urban district.*

In Italy, the main providers of geographic data are, in addition to the IGM, the Regions and autonomous Provinces, the AGEA (formerly AIMA, the funding agency for agriculture), the Società per Azioni Rilevamenti Aerofotogrammetrici (SARA) based in Rome and the Compagnia Generale di Riprese aeree (CGR) based in Parma, two companies which are present on the Italian market since respectively 1921 and 1969.

In 2001, following the signing of a memorandum of understanding among the Regions and autonomous Provinces aimed at ensuring effective coordination of the geographic information and statistics tools, "Technical prescriptions for the

2 Like GeoEye (resolution 0.41 m), Worldview (resolution 0.46 m), QuickBird (resolution 0.6 m), IKONOS (resolution 0.8-4 m), SPOT (resolution 1.5-6 m), ASTER (resolution 15-90 m).

Migliaccio & Carrion, 2016). Tra le principali metodologie di acquisizione, visualizzazione ed elaborazione dati vi sono:

- l'acquisizione di dati di quota attraverso la vettorializzazione di punti e curve di livello provenienti da cartografie preesistenti: il livello di precisione di questo metodo è estremamente variabile, in quanto dipendente dalla qualità della carta originaria e dalla capacità dell'operatore GIS;
- il rilievo topografico effettuato con l'ausilio di strumenti *total station* o GPS: è indicato solo per rilevare zone con estensione limitata (nell'ordine di uno o due ettari) a causa del numero ridotto di informazioni acquisibili;
- il rilievo fotogrammetrico effettuato tramite coppie stereoscopiche di fotografie aeree o immagini satellitari prodotte da sistemi governativi o commerciali[2]: permette il rilievo speditivo di ampie zone di territorio con un'accuratezza spaziale uniforme e tempi rapidi;
- il telerilevamento: consente la produzione di modelli a diverse scale e con brevi tempi di acquisizione a partire da immagini ad alta risoluzione (inferiore a 1 m) originate da sensori stazionati su satelliti (tecnica interferometrica) o aeromobili (sistema LIDAR - Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection): una tecnica, quest'ultima, particolarmente adatta per l'applicazione alla scala del distretto urbano.

In Italia, i principali soggetti produttori di dati geografici sono, oltre all'IGM, le Regioni e le Province autonome, l'AGEA (ex AIMA, Agenza per le erogazioni in agricoltura), la Società per Azioni Rilevamenti Aerofotogrammetrici (SARA) di Roma e la Compagnia Generale di Riprese aeree (CGR), aziende presenti sul mercato italiano rispettivamente dal 1921 e dal 1969.

Nel 2001, a seguito della sottoscrizione di un protocollo d'intesa tra le Regioni e le Province autonome finalizzato ad assicurare un efficace coordinamento degli strumen-

2 Tra questi: GeoEye (risoluzione 0,41 m), Worldview (risoluzione 0,46 m), QuickBird (risoluzione 0,6 m), IKONOS (risoluzione 0,8-4 m), SPOT (risoluzione 1,5-6 m), ASTER (risoluzione 15-90 m).

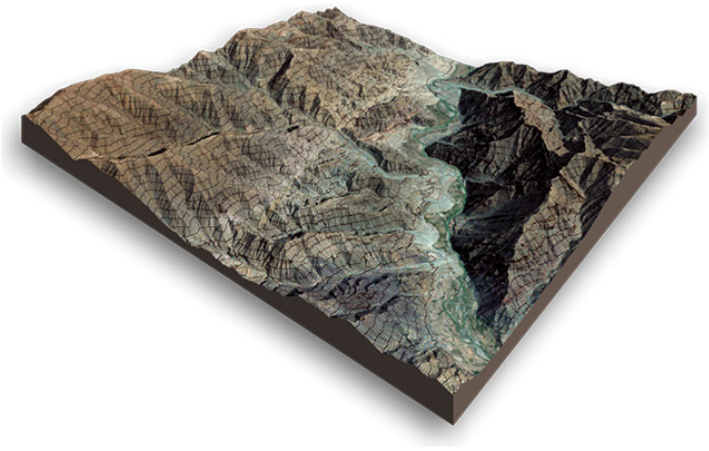


Fig. 1- Esempio di un modello digitale del terreno / An *example of digital terrain model* (Source: LAND Info Worldwide Mapping).

ti di informazione geografica e statistica, sono state redatte le "Prescrizioni tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno". Queste individuano sei diversi livelli di precisione dei modelli, distinti per ambiti di applicazione (Tab. 1).

Un livello di definizione congruo alla scala d'indagine è la *conditio sine qua non* alla corretta valutazione dei fenomeni analizzati.

La possibilità di utilizzare modelli tridimensionali del terreno è stata decisiva per lo studio delle alluvioni: un tema che, anche in relazione al manifestarsi, sempre più diffuso e frequente, di eventi meteorologici estremi indotti dal cambiamento climatico, è oggetto di grande attenzione da parte sia del mondo della ricerca che delle istituzioni territoriali. Oltre che allo studio delle dinamiche dei corsi d'acqua, la costruzione di un modello digitale del terreno è indispensabile nella simulazione di scenari e nella valutazione dei livelli di rischio (*hazard*) relativi a fenomeni alluvionali dovuti sia a esondazioni che a piogge torrenziali (*pluvial floods* e *flash floods*); nota l'acclività di un territorio, la capacità della rete ideografica e i livelli pluviometrici medi ed estremi, esso consente infatti di stimare le direzioni dei flussi idrici, calcolare i parametri del flusso e l'accumulo dell'acqua in determinati siti, e quindi di individuare le aree a maggiore vulnerabilità (*vulnerability*), ovvero quelle che, in ragione degli usi del suolo, sono potenzialmente soggette al rischio di catastrofi (*disaster risk*). Inoltre, esso può essere impiegato nella valutazione ex-ante degli effetti di aumento o riduzione del rischio connessi alla realizzazione di determinate opere, fornendo un valido supporto alla pianificazione territoriale e alla programmazione degli interventi. Fra le numerose ricerche internazionali in questo campo, si segnalano quelle condotte dalla Facoltà di Ingegneria Civile dell'Università di Timisoara sul distretto di Timis in Romania (David, 2012), dalla Polish Academy of Sciences di Varsavia insieme all'Institute of Technology and Life Sciences di Falenty sul territorio di Annaba in Algeria (Bouzahar et al., 2018), nonché il progetto Glowa-Danube, promosso dal Ministero dell'Istruzione e della Ricerca della Germania, che ha indagato gli impatti del "cambiamento globale" sul territorio tedesco sotto il profilo climatico, demografico ed economico, utilizzando il DTM per l'elaborazione di modelli idrologici, mediante la stima delle direzioni e

Livelli	Precisione in quota del terreno	Precisione planimetrica degli elementi del DTM	Settore di applicazione	Fonte dei dati
Livello 0	± 10 m	± 5 m	Ovunque, in mancanza di altri dati	IGM
Livello 1	± 5 m	± 2 m	Zone d'alta montagna con piccoli insediamenti e sfruttamento agricolo intensivo	Regioni, dati AIMA, IGM
Livello 2	± 2 m	± 1 m	Aree lontane da centri urbani caratterizzate da colture estensive	CT 10.000/5.000, fotogrammetria, scanner laser
Livello 3	± 1 m	± 0,5 m	Aree edificate a bassa densità e zone agricole di elevato valore da rappresentarsi alla scala 1:5.000	CT 1:2.000, fotogrammetria, scanner laser
Livello 4	± 0,30 m	± 0,3 m	Aree urbane, aree a rischio di inondazione con pendenza > 1%	CT 1:1.000, altimetria scanner laser
Livello 5	± 0,15 m	± 0,3 m	Aree a rischio di inondazione con pendenza < 1%	CT 1:500, altimetria scanner laser

Tab. 1 - Livelli di precisione richiesti per la produzione del DTM / *Levels of precision for different DTM applications.*

production of Digital Terrain Models" *were drawn up. These identify six different levels of precision of the model, according to its domain of application (Tab. 1).*

An adequate resolution to the extension of the concerned area is a prerequisite for a correct evaluation of the investigated phenomena.

From the operational point of view, the possibility of using three-dimensional terrain models was decisive for the development of the disciplines involved in the study of floods: due to the increasingly widespread and frequent occurrence of extreme weather events induced by the change climate, this is a matter of great attention from both researchers and institutions.

In addition to the study of the dynamics of watercourses, the construction of a DTM is indispensable in the simulation of scenarios and hazard assessment related to flooding events, both in terms of pluvial and flash floods. In fact, given the terrain slope gradient, the capacity of the hydrographic network and the average and extreme rainfall levels, the model allows to estimate the direction of water flows, to calculate the flow parameters and the accumulation of water in specific places, and therefore to identify areas of greatest vulnerability - that is, due to land use, potentially subject to disaster risk.

Furthermore, it can be used in the ex-ante evaluation of the increase or reduction of the risk due to new works, providing a support to spatial planning and works programs.

Among the many researches internationally conducted in this field, we can mention the studies on the Timis district in Romania, carried on by the Faculty of Civil Engineering of the University of Timisoara (David, 2012), on the territory of Annaba in Algeria by the Polish Academy of Sciences in Warsaw in cooperation with the Institute of Technology and Life Sciences of Falenty (Bouzahar et al., 2018), as well as the Glowa-Danube project, promoted by the German Ministry of Education and Research; this project has investigated the impacts of global change on Germany from a climatic, demographic and economic point of view, using the DTM for the development of hydrological models, estimating the directions and energy of water flows (Mauser & Prasch, 2016).

Important researches conducted in Italy are the pioneering one on the Modena plain, developed by the Department of Earth Sciences of the University of Modena and Reggio Emilia (Giusti, 2001), the first applications developed by Provinces, like the Provinces of Rome (2002) and Naples (2009), the research developed by the River Authority of Southern Appennine District (Distretto Idrografico dell'Appenino Meridionale) for the river basins inside the district (2015), and by CNR-IRPI of Turin for the River Po basin (Lollino et al., 2018), as well as two projects promoted by the Veneto Region with the scientific

and technical support of the University IUAV of Venice: "*DTM of the Delta of the River Po*" *(2008) and* "*3D Territory Management*" *(2011) (Castelli et al., 2008; Conchetto, 2011). The latter has produced a 3D high-resolution (5 m) model of the territory of the Lagoon of Venice, involving 36 municipalities in the Provinces of Venice and Treviso, which has been used for identifying flooding vulnerability zones.*

On a regulatory level, the "*Extraordinary Environmental Remote Sensing Plan*"*, introduced by the national Law no 179/2002 on Environment, promoted a remote sensing campaign with LIDAR and interferometric techniques for the creation of a national database to support decision-making processes in landslide areas (Casagli et al., 2009).*

Further prescriptions are contained in the directive of the European Parliament and of the Council "*INSPIRE*" *- INfrastructure for Spatial InfoRmation in Europe (2007/2/ EC), aimed at creating a common infrastructure for spatial information for EU countries, and in the Decree of the Italian Ministry of Public Administration, in agreement with the Ministry of the Environment, providing* "*Technical rules for the definition of the content specifications of geo-topographic databases*" *(10/11/2011).*

dell'energia dei flussi idrici (Mauser & Prasch, 2016).

Nel contesto italiano, sono da ricordare in particolare la ricerca pioneristica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia sulla pianura modenese (Giusti, 2001), i primi modelli elaborati a scala provinciale dalle Province di Roma (2002) e Napoli (2009), quelli sviluppati dal Distretto Idrografico dell'Appenino Meridionale per l'intero territorio dei bacini ricompresi nel distretto (2015) e dal CNR IRPI di Torino sul bacino del Po (Lollino et al., 2018), nonché i due progetti promossi dalla Regione Veneto con il supporto scientifico-tecnico dell'Università IUAV "DTM Delta del Po" (2008) e "Gestione del territorio 3d" (2011) (Castelli et al., 2008; Conchetto, 2011). In particolare, il progetto "Gestione del territorio 3d" ha visto la produzione di un modello tridimensionale ad elevata risoluzione (5 m) del bacino territoriale della Laguna di Venezia, comprendente 36 comuni delle province di Venezia e Treviso, utilizzato per l'individuazione delle aree soggette a vulnerabilità alluvionale.

A livello normativo, il "Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale", introdotto dall'art.27 della legge 179/2002 "Disposizioni in materia ambientale", ha promosso una campagna di telerilevamento con tecniche LIDAR e interferometrica per la realizzazione di una base di dati nazionale a supporto dei processi decisionali nelle aree soggette a rischio idrogeologico (Casagli et al., 2009). Ulteriori riferimenti legislativi sono contenuti nella direttiva "INSPIRE" (INfrastructure for Spatial InfoRmation in Europe) del Parlamento Europeo e del Consiglio (2007/2/CE), finalizzata alla costruzione di un'unica infrastruttura per l'informazione territoriale a livello europeo, e nel successivo Decreto del Ministero della P.A., di concerto con il Ministero dell'Ambiente, del 10/11/2011 "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici".

References

Bouzahar, F., Ouerdachi L., Keblouti M.& Seddiki A. (2018), "The contribution of remote sensing in hydraulics and hydrology, analysis and evaluation of digital terrain model for flood risk mapping", *Journal of Water and Land Development*, no. 1, vol. 39, p. 17-26.

Casagli, N., Proietti, C., Righini, G., Cigna, F., Pancioli, V., Colombo, A., Costabile S., et al. (2009), *Piano Straordinario di telerilevamento Ambientale. Linee guida per l'analisi dei dati interferometrici satellitari in aree soggette a dissesti idrogeologici*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Italia.

Castelli, S., Di Prinzio L. & Picchio S. (2008), *Progetto DTM Delta del Po. DTM Digitalia e DTM LASER Scanner: analisi comparata per la rappresentazione del territorio con elementi per la costruzione di una base condivisa*,Regione Veneto e Università IUAV di Venezia.

Conchetto, E. (ed) (2011), *Gestione del territorio 3D: progetto per la elaborazione del modello digitale del territorio dell'ATO "Laguna di Venezia" attraverso la realizzazione di un rilievo LiDAR*, Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale Laguna di Venezia (AATO), Venezia.

David, V. (2012), "Generation of digital terrain model for a flood area", *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 13, n.2, pp. 1124-1130.

Giusti, C. (2001), "Il modello digitale del terreno (DTM) come supporto alla cartografia geomorfologica: l'esempio della Pianura Modenese (Pianura Padana, Italia Settentrionale)", *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, n. 111-113*,* EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste, pp. 409-417.

Hirt, C. (2016), "Digital Terrain Models", Grafarend, E. (ed), *Encyclopedia of Geodesy*, Springer, Cham.

Intesa GIS (2001), *Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno*, Documento finale del Gruppo di Lavoro, Versione 16I del 29 Aprile 2001.

LAND Info Worldwide Mapping LLC, available at: http://www.landinfo.com/gallery_dem.htm (accessed 22 January 2019).

Li, Z. L., Zhu Q. & Gold C. (2005), *Digital Terrain Modeling. Principles and methodology*, CRC Press, New York.

Lollino, G., Giordan D., Baldo M., Allasia P. & Pellegrini F. (2008), "L'uso di modelli digitali del terreno come strumento per lo studio dell'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua: proposte metodologiche e primi risultati", *Italian Journal of Quaternary Sciences*, vol. 21, n. 1B, pp. 331-342.

Mauser, W. & Prasch M. (2016), *Regional assessments of global change impacts*, Springer, Cham.

Migliaccio, F. & Carrion, D. (2016), *Sistemi Informativi Territoriali. Principi e applicazioni*, UTET, Torino.

Miller, C. & Laflamme R. (1958), "The digital terrain model – theory & application", *Photogrammetry Engineering*, vol. 24, p. 433-442.

Noti, V. (2014), *Gis Open Source per geologia e ambiente: analisi e gestione di dati territoriali e ambiente con QGIS*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Petrie, G. & Kennie, T. (eds) (1987), "An introduction to terrain modeling: applications and terminology", *T. Model. in Survey. and Civ. Eng.: A Short Course*, University of Glasgow.

Sky View Factor (SVF)

Francesco Alberti, *Università degli Studi di Firenze*
Giulia Guerri, *Università degli Studi di Firenze*

Lo *Sky View Factor* (SVF) è un parametro adimensionale che restituisce, con valori compresi tra 0 e 1, il grado di esposizione di una superficie alla volta celeste, ovvero la porzione di cielo visibile da un determinato punto al livello del terreno (Oke, 1981).

Tale fattore è influenzato dalle componenti del tessuto urbano, dagli elementi di arredo stradale e dalla presenza o meno di alberi: valori prossimi a 1 corrispondono ad un'ampia porzione visibile, valori vicini allo 0 indicano una visione del cielo limitata. Come nel caso dell'Urban Aspect Ratio, tali condizioni possono essere messe in relazione alla densità insediativa, portando a distinguere tra un *urban SVF* (corrispondente a valori tra 0,3-0,6) e un *suburban SVF* (> 0,6) (Piringer & Joffre, 2005).

Lo SVF è ampiamente utilizzato in ricerche e progetti che interessano vari settori disciplinari, quali la biometereologia, la climatologia, la pianificazione urbana e l'archeologia (Matzarakis, 2015; Lin et al., 2010; Kokalj et al., 2011).

A partire dagli anni '80 del XX secolo sono stati sviluppati diversi approcci per determinare lo SVF sulla base dei dati riguardanti la morfologia urbana. I primi studi hanno adottato metodi analitici basati sulle proprietà geometriche dei "canyon urbani", come le misure angolari e i rapporti altezza-larghezza tra fronti urbani e sedi stradali (Urban Aspect Ratio; Oke, 1981), utilizzando fotografie dell'area interessata eseguite con un obiettivo *fish-eye* a 180° (Steyn, 1980). Nei primi anni del XXI secolo, grazie alla possibilità di disporre di modelli urbani tridimensionali, sono stati introdotti metodi che stimano lo SVF su ampie porzioni di territorio a partire da database vettoriali e raster all'interno di sistemi GIS (Gal et al., 2009).

Entrambi i metodi di misurazione sono tutt'oggi utilizzati in relazione a differenti scale d'analisi.

Il metodo fotografico (con obiettivo *fish-eye*) è impiegato nell'analisi di ambiti urbani a carattere puntuale; sulle immagini acquisite digitalmente (per le quali sono richieste condizioni di cielo sereno e direzione obliqua della luce solare) è applicato un filtro che assegna ad ogni pixel un valore compreso tra 0 e 1 in base al contrasto tra i colori; la media di tali valori fornisce quello dello SVF (Fig. 1).

Il secondo metodo, di tipo analitico-geometrico, è applicabile su contesti urbani più estesi e complessi, ad esempio alla scala del distretto; il calcolo può essere effettuato direttamente in ambiente *GIS* tramite due piattaforme dedicate rispettivamente all'elaborazione di dati raster (*SAGA*) o vettoriali (*OrbisGis*). Entrambe le piattaforme sono state validate da numerose ricerche scientifiche (Brown et al., 2001; Bernard et al., 2018). Tuttavia, il ricorso a modelli raster consente di ottenere mappature più precise, oltre a presentare vantaggi in termini di tempo e risorse (Musco et al., 2014). Ciò a condizione che la risoluzione del modello sia congruente all'estensione dell'area di

The Sky View Factor (SVF) is an adimensional parameter that returns, in a range 0 to 1, the degree of exposure of a surface to the open sky, i.e. the sky portion visible from a certain point at ground level (Oke, 1981). The SVF is influenced by the components of the urban fabric, street furniture and the possible presence of trees: values close to 1 correspond to a large portion of visible sky, values close to 0 mean low visibility. As well as for Urban Aspect Ratio, such conditions can be related to the building density, so that we can distinguish urban SVF (from 0.3 to 0.6) from suburban SVF (> 0.6) (Piringer & Joffre, 2005).

SVF is widely used in research and projects involving various disciplines, such as biometereology, climatology, urban planning and archeology (Matzarakis, 2015; Lin et al., 2010; Kokalj et al., 2011).

Since the 1980s, different approaches have been developed to determine SVF from data of urban morphology. The first studies adopted analytical methods based on the geometric properties of "urban canyons", such as angular measurements and height-width ratios between building fronts and streets(Urban Aspect Ratio; Oke, 1981), using photographs of the concerned areas taken with 180 fish-eye lens (Steyn, 1980). In the early 21st century, thanks to the possibility of having three-dimensional urban models, new methods were introduced, able to estimate SVF over a large portion of the territory using GIS vector and raster databases (Gal et al., 2009).

Both measurement methods are still used today in relation to different scales of analysis.

The photography-based methodology (with fish-eye lens) is used in the analysis of limited urban areas; on the digital images (to be taken with clear sky conditions and undirect sunlight) a filter is applied which assigns to each pixel a value between 0 and 1 based on the contrast of colours; the average of these values corresponds to that of SVF (Fig. 1).

The second methodology, based on geometric analysis, is applicable on larger and more complex urban contexts, for example at the scale of the urban district; the SVF can be calculated directly in GIS environment, using two platforms for

processing raster data (SAGA) or vector data (OrbisGis), both of which have been validated in a large amount of scientific research (Brown et al., 2001; Bernard et al., 2018).

However, using raster models is possible to obtain more precise mapping, with less time and expenses (Musco et al., 2014), only provided that the resolution of the model is congruent with the extension of the investigated area: a low resolution can in fact bring to overestimate SVF values.

If we consider that urban morphology affects the exchange of radiant heat between the earth and the sky, the SVF appears to be related to the radiative and energy balance of a place with effects on both long-wave (L) and short-wave (S) solar radiation.

Therefore, the SVF is an useful indicator – complementary to other parameters, like the Urban Aspect Ratio, albedo, reflectance and thermal conductivity of materials, the Building Impact Reduction index and the Vegetation index – for surveys on the thermal behaviour of urban districts and sectors, as well as for the assessment of their climate vulnerability related to one specific hazard, that is heat wave.

In the research field concerning the relationship between urban morphology and thermal phenomena, we must mention the study conducted in 2018 by the Department of Geography and Urban Studies of the University of Temple in Philadelphia, which led to the construction of SVF maps on 15 urban areas around the world[1]: according to it, Phoenix, Las Vegas e Dubai turn out to have the highest SVF values (close to 0.9) and Manhattan the lowest (0.3 to 0.5). The cross-comparison between the SVF and the hours of exposure of street surfaces to the sun recorded in Manhattan and San Francisco showed that there is an inverse proportional relationship between these two parameters (Fig. 2) (Middel et al., 2018).

In the European context, the project "UHI-Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon" (2011-2014) involved eight urban areas in Central Europe[2] and a large number of research centres and local institutions[3]. In this project, the preliminary analysis work conducted

1 Phoenix, Las Vegas, Dubai, Be'er Sheva, Los Angeles, Dublin, San Francisco, Bonn, Philadelphia, Vancouver, Tokyo, Seoul, Singapore, Paris, Manhattan.

2 The metropolitan agglomeration of Bologna-Modena, the urban corridor of Venice-Padua, Vienna, Stuttgart, Lodz and Warsaw, Ljubljana, Budapest, Prague.

3 The Italian partners of the project are the Environmental Protection Agency of the Region Emilia-Romagna (lead partner), the regional Institutions of Emilia-Romagna and Veneto and the Consortium for the coordination of research activities concerning the Venice lagoon system (CORILA).

indagine: una bassa risoluzione può infatti determinare una sovrastima dei valori.

Considerando che la geometria urbana condiziona lo scambio di calore radiante tra la terra e il cielo, lo SVF risulta essere correlato al bilancio radiativo ed energetico di un sito in termini di influenza sulla radiazione solare a onde lunghe (L, *long-wave*) e corte (S, *short-wave*).

Lo SVF risulta pertanto un indicatore utile (in modo complementare ad altri parametri quali l'*Urban Aspect Ratio*, l'albedo, la riflettanza e la conducibilità termica dei materiali, l'indice di riduzione di impatto edilizio e l'indice di vegetazione) nelle indagini sul comportamento termico di comparti e distretti urbani, nonché nella valutazione della relativa vulnerabilità climatica (*vulnerability*) in relazione a una specifica tipologia di rischio (*hazard*) - l'onda di calore (*heat wave*).

Tra le ricerche riguardanti la relazione tra morfologia urbana ed i fenomeni termici si segnala lo studio condotto nel 2018 dal Dipartimento di Geografia e Studi Urbani dell'Università di Temple a Philadelphia, che ha portato alla costruzione di mappe dello SVF su 15 aree urbane nel mondo[1]: i valori più elevati (prossimi a 0,9) sono stati riscontrati a Phoenix, Las Vegas e Dubai, quelli più bassi (tra 0,3 e 0,5) a Manhattan. Il confronto incrociato tra lo SVF e il numero di ore di sole rilevati sulle superfici stradali in quest'ultima ha evidenziato come tra i due parametri sussista un rapporto proporzionale inverso (Fig. 2) (Middel et al., 2018).

In ambito europeo, il progetto "UHI-Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon" (2011-2014) ha visto coinvolte otto aree urbane dell'Europa centrale[2] e la partecipazione di numerosi centri di ricerca e istituzioni territoriali[3].

1 Si tratta di Phoenix, Las Vegas, Dubai, Be'er Sheva, Los Angeles, Dublino, San Francisco, Bonn, Philadelphia, Vancouver, Tokyo, Seoul, Singapore, Parigi, Manhattan.

2 L'agglomerato metropolitano di Bologna-Modena, il corridoio urbano di Venezia-Padova, Vienna, Stoccarda, Lodz e Varsavia, Lubiana, Budapest, Praga.

3 I partner italiani del progetto sono: l'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) dell'Emilia-Romagna (capofila), le regioni Emilia-Romagna e Veneto e il Consorzio per il Coordinamento delle Ricerche Inerenti al Sistema Lagunare di Venezia (CORILA).

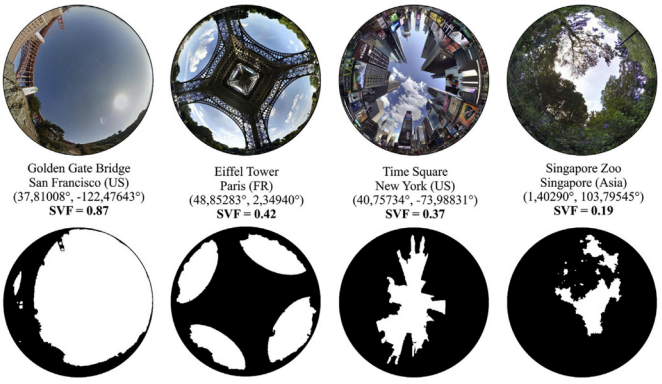


Fig. 1 - Fotografie fish-eye ed i rispetti sky view factor calcolati su differenti siti di quattro città / *Sky view factor of different urban contexts in four cities, derived from fish-eye photographs.* (Source: Middel et al., 2018).

Nell'ambito di questo progetto, il lavoro di analisi preliminare svolto dall'unità di ricerca italiana a Padova[4] ha preso in esame differenti fattori di produzione dell'UHI[5], tra cui lo SVF, con l'obiettivo di individuare le zone più critiche su cui intervenire con azioni di mitigazione.

Sempre a Padova, le "Linee guida per la costruzione di un piano di adattamento al cambiamento climatico" (2016), predisposte dal centro di ricerca *Planning Climate Change Lab* del Dipartimento di Culture del Progetto dell'Università IUAV di Venezia, hanno individuato nello SVF uno dei principali indicatori del microclima urbano da impiegare nell'analisi delle vulnerabilità climatiche (Innocenti et al., 2016).

Lo stesso indicatore è stato anche utilizzato in ricerche riguardanti l'area vasta: già nel 1999, in uno studio dall'ARPAV (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Regione Veneto) sugli scambi radiativi e gli elementi che favoriscono il raffreddamento dell'aria nel sistema dolomitico e nelle Prealpi venete e, dal 2013, nel progetto "Metropolis - Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza dei sistemi urbani", intrapreso dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II sull'intera regione Campania (Renon, 2011; D'Ambrosio & Leone, 2017).

Lo SVF è uno dei parametri per le analisi climatiche definiti all'interno del Geoportale Nazionale, infrastruttura tecnica istituita nel 2010 dal Ministero dell'Ambiente

4 Il Dipartimento di Progettazione e Pianificazione in Ambienti Complessi dell'Università IUAV di Venezia.

5 I parametri presi in considerazione si dividono in due gruppi: "variabili per descrivere le proprietà geometriche" e "variabili per descrivere la superficie e le proprietà dei materiali". Oltre allo SVF, primo gruppo comprende l'Aspect Ratio, la frazione di area costruita, la frazione di area non costruita, la frazione superficiale impermeabile, la frazione superficiale permeabile, l'altezza equivalente dell'edificio, la frazione superficiale costruita, la frazione superficiale del muro, la frazione superficiale del tetto, la compattezza media effettiva e il livello medio del mare. Fanno invece parte del secondo gruppo: la riflettanza/albedo, l'emissività, la conducibilità termica, la capacità termica specifica, la densità e la produzione di calore antropogenico (Musco, 2016).

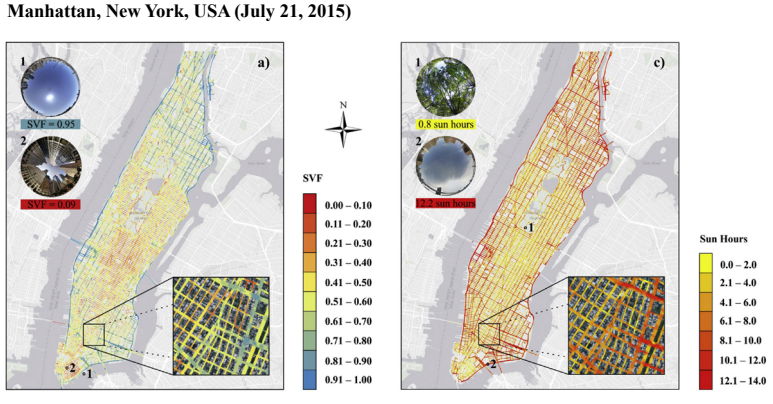


Fig. 2 - Mappature di SVF (in alto) e delle ore di sole (in basso) / *Maps of SVF (above) and sunshine hours (below)* (Source: Middel et al., 2018).

by the research unit of Padua[4] examined many different factors causing UHI[5], including SVF, with the aim of identifying the most critical areas on which to implement mitigation actions.

Still in Padua, the research centre Planning Climate Change Lab of the Department "Culture del Progetto" (Project's Cultures) of the University IUAV of Venice, published the "Guidelines for the construction of a climate change adaptation" (2016), where the SVF is identified as one of the most significant indicators of the urban microclimate to be used in the analysis of climate vulnerability (Innocenti et al., 2016).

The same indicator has also been used in researches concerning the regional scale: for example, already in 1999, in a study on the radiation exchanges and other factors affecting air-cooling in the Dolomites and Venetian Prealps area, conducted by ARPAV (the Regional Agency for Environmental Protection of the Veneto Region), or in the project "Metropolis - Integrated and sustainable methodologies and technologies for the adaptation and safety of urban systems", undertaken since 2013 by the Department of Architecture of the University of Naples Federico II on the whole territory of the Campania Region (Renon, 2011; D'Ambrosio & Leone, 2017).

The SVF is also one of the parameters for climatic analysis adopted by the Italian National Geoportal (GN)[6] , a technical infrastructure established in 2010 by the Ministry of the Environment and the Protection of the Territory and the Sea (MATTM), aimed at providing and managing geospatial, geographic and environmental information on the Italian territory, sharing it with every level of the Public Administration.

4 Department of Design and Planning in Complex Environments of the University IUAV of Venice.

5 The parameters taken into account are divided into two groups: "variables to capture the geometric properties" and "variables to capture the surface and material properties". In addition to the SVF, the first group includes the Aspect Ratio, the built area fraction, the unbuilt area fraction, the impervious surface fraction, the pervious surface fraction, the equivalent building height, the built surface fraction, the wall surface fraction, the roof surface fraction, the effective mean compactness and the mean sea level. The second group includes reflectance/albedo, emissivity, thermal conductivity, specific heat capacity, density and anthropogenic heat output (Musco, 2016).

6 The National Geoportal was instituted by Legislative Decree no. 32/2010, in transposition of the European Directive 2007/2/EC, that established an infrastructure for spatial information in the European Community (Infrastructure for Spatial Information in Europe Directive).

GN itself has developed an open-source GIS application - AdB-ToolBox – for computing the SVF by processing raster data relating to the slope and exposure of the land surface.

Among the most popular software products used for scientific purpose, there is SkyHelios[7], an open-source tool for applied climatology with high spatial and temporal resolution (Matzarakis, 2015). Based on a digital surface model (DSM), embedding information on buildings, trees and street furniture elements, the software can calculate the SVF for each point of the survey area, in which a variation of height values and "obstacles" occur, render the results through a graphic interface, and export the data. Peculiar to this application, is the possibility of modelling complex urban structures with high level of precision (according to the accuracy of input data) and with a short processing time (Matzarakis, 2015).

e della Tutela del Territorio e del Mare, finalizzata a fornire e gestire informazioni geospaziali, territoriali ed ambientali sul territorio italiano, condividendole con ogni livello della Pubblica Amministrazione[6]. Lo stesso GN ha sviluppato un applicativo GIS *open source - AdB-ToolBox* - per calcolare lo SVF attraverso l'elaborazione di dati raster relativi alla pendenza ed esposizione del territorio.

Tra i software più diffusi nel campo della ricerca, vi è *SkyHelios*[7], uno strumento *open source* per la climatologia applicata ad alta risoluzione, sia spaziale che temporale (Matzarakis, 2015), che, sulla base di un modello digitale della superficie (DSM) comprensivo delle informazioni sulla morfologia degli edifici, le alberature e gli elementi di arredo urbano, è in grado di calcolare lo SVF per ogni punto dell'area d'indagine in cui si verifichi una variazione di valori di altezza e "ostacolo", permettendo la visualizzazione dei risultati attraverso un'interfaccia grafica e la loro successiva esportazione. Ciò che contraddistingue tale applicazione è la possibilità di modellare strutture urbane complesse con livelli di precisione elevati (in ragione dell'accuratezza del dato di origine) e con tempi di esecuzione brevi (Matzarakis, 2015).

7 *Other similar software products are: Rayman, ArcView SVF-Extension, Solweig softwares (Hammerle et al., 2011).*

6 Il Geoportale Nazionale è stato istituito dal D.Lgs. 32/2010, in recepimento della Direttiva europea 2007/2/CE che ha istituito un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Direttiva INfrastructure for Spatial InfoRmation in Europe).

7 Oltre a Rayman, ArcView SVF-Extension, Solweig (Hammerle et al., 2011).

References

Bernard, J., Boucher, E., Petit G. & Palominos, S. (2018) "Sky View Factor calculation in urban context: computational performance and accuracy analysis of two open and free GIS tools", *Climate*, 6(3), pp. 1-24.

Brown, M., Grimmond, S. & Ratti, C. (2001), *Comparison of methodologies for computing sky view factor in urban environments*, International Society of Environmental Hydraulics Conference, Tempe.

D'Ambrosio, V. & Leone, F.M. (eds) (2017), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici*, Clean, Napoli.

Gal, T., Lindberg, F. & Unger, J (2009) "Computing continuous sky view factors using 3D urban raster and vector databases: comparison and application to urban climate", *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 95, n. 1-2, pp. 111-123.

Hammerle, M., Gal, T., Unger, J. & Matzarakis, A. (2011) "Introducing a script for calculating the sky view factor used for urban climate investigations", *Acta Climatologica et Chrologica*, vol. 44-45, pp. 83-92.

Innocenti, A., Magni, F., Maragno, D., Musco, F. & Negretto, V. (2016), *Padova Resiliente. Linee guida per la costruzione di un piano di adattamento al cambiamento climatico*, Corila, Venezia.

Kokalj, Ž., Zakšek, K. & Oštir, K. (2011), "Application of sky-view factor for the visualisation of historic landscape features in lidar-derived relief models", *Antiquity*, 85(327), pp. 263-273.

Lin, T.P., Matzarakis, A. & Hwang, R.L. (2010), "Shading effect on long-term outdoor thermal comfort", *Building and Environment*, 45(1), pp. 211-213.

Matzarakis, A. (2015), "Città e cambiamenti climatici. Il progetto del benessere termico nelle aree urbane per l'urbanistica e l'architettura", *REBUS - Renovation of Public Buildings and Urban Spaces*, 1(3),pp. 1-16.

Middel, A., Lukasczyk, J., Maciejewski, R., Demuzere, M. & Roth, M. (2018), "Sky View Factor footprints for urban climate modeling", *Urb. Climate*, vol. 25, pp. 120-134.

Musco, F. (ed) (2016), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*, Springer.

Musco, F., Fregolent L., Ferro D., Magni, F., Martinucci, D. & Maragno, D. (2014), "Cambio climatico e resilienza urbana: possibili strumenti di adattamento per l'Uhi nell'area centrale veneta", in Musco, F. & Zanchini, E., *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Franco Angeli, Milano.

Oke, T.R. (1981), "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations", *Journal of Climatology*, 1(3), pp. 237-254.

Piringer, M. & Joffre, S. (2005), *The urban surface energy budget and mixing height in European cities: data, models and challenges for urban meteorology and air quality*, Final Report of Working Group 2 of COST-715 Action, Bulgaria.

Ratti, C., Raydan, D. & Steemers, K. (2003), "Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate", *Energy and Building*, 35(1), pp. 48-59.

Renon, B. (2011), *Le fabbriche naturali del freddo*, Arpav (Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto), pp. 1-44.

Steyn, D.M. (1980) "The calculation of view factors from fisheye lens photographs", *Atmosphere Ocean*, n. 3, vol. 18, pp. 254-258.

Urban Aspect Ratio

Francesco Alberti, *Università degli Studi di Firenze*
Giulia Guerri, *Università degli Studi di Firenze*

L'*Urban Aspect Ratio*, conosciuto anche come *Height to Width Rati*o (H/W), è un parametro adimensionale, utilizzato come indicatore della morfologia dei cosiddetti "canyon stradali", vale a dire degli spazi urbani definiti da cortine edilizie continue. È definito dal rapporto tra l'altezza di un fronte edilizio (H) e la sua distanza dal fronte contrapposto (W), entro un intervallo di valori solitamente compreso tra 0 e 3+ , ma che può raggiungere anche valori più elevati in relazione a specifiche caratteristiche dei tessuti urbani (Musco, 2016): bassi valori di H/W corrispondono a tessuti edilizi a bassa densità, valori elevati a tessuti densi, nei quali l'altezza dei fabbricati risulta maggiore della larghezza delle strade su cui si affacciano (come avviene tipicamente all'interno dei tessuti storicizzati). Sulla base di questo principio sono state proposte diverse classificazioni dei canyon stradali distinguendo fra *suburban aspect ratio* (per valori di H/W compresi tra 0,1-0,5), *urban a.r* (H/W = 0,5-2) e *high rise a.r.* (H/W >2) (Piringer e Joffre, 2005), ovvero tra *avenue* (H/W < 0,5), *regular canyon* (H/W = 1) e *deep canyon* (H/W > 2) (Vardoulakis et al., 2003) (Fig. 1).

Trattandosi di un indicatore riguardante la geometria del tessuto insediativo, esso trova ampia applicazione nei settori scientifici implicati nello studio del microclima e della biometeorologia umana in quei contesti in cui l'urbanizzazione e la forma della città incidono in modo sostanziale sulle condizioni microclimatiche.

La morfologia del canyon urbano, infatti, condiziona l'esposizione al sole e al vento delle superfici piane nell'ambiente costruito (suolo, facciate, coperture) incidendo sul bilancio energetico e microclimatico in modo inversamente proporzionale all'Aspect Ratio (una strada ampia è più esposta alla radiazione solare ed al flusso d'aria, mentre una strada racchiusa fra due cortine ravvicinate risulta meno esposta e più ombreggiata). In presenza di valori H/W elevati si possono determinare due situazioni termiche opposte: da un lato un vantaggio termico per il pedone dovuto alla presenza di zone in ombra; dall'altro una criticità dovuta alla radiazione solare rilasciata dalle superfici stradali e dalle facciate degli edifici, che nei canyon stretti viene intrappolata con maggiore facilità rispetto a quelli ampi (Musco & Fregolent, 2014).

Il concetto di Aspect Ratio del canyon stradale è stato introdotto agli inizi degli anni '70 del Novecento da Timothy Richard Oke, professore di geografia della Università della Columbia Britannica a Vancouver, nell'ambito dei primi studi sull'isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI): un fenomeno che, come ha dimostrato lo stesso Oke, interessa tutte le aree urbanizzate, all'interno delle quali si manifesta con un'intensità direttamente proporzionale alla densità edilizia (Oke, 1972). La geometria stradale, definita dal rapporto H/W, è uno dei fattori principali

The Urban Aspect Ratio, also known as Height to Width Ratio (H/W), is an adimensional parameter, used as an indicator of the geometry of the so-called "urban canyons", that is the urban spaces which are defined by continuous buildings' façades. It is defined by the ratio between the height of a building (H) and its distance from the front of the opposite one (W), usually within a range 0 to 3+ (Piringer e Joffre, 2005) or more, in relation to specific characteristics of the urban fabric: low H/W values correspond to low density urban fabrics, high values to denser ones, that is fabrics where the height of the buildings is bigger than the weight of the streets they face (as it typically occurs inside historic settlements). Based on this principle, various classifications of urban canyons have been proposed, by distinguishing suburban aspect ratio (with H/W=0.1 to 0.5), urban a.r (H/W = 0.5 to 2) and high rise a.r. (H/W >2) (Piringer e Joffre, 2005), or also avenue (H/W < 0.5), regular canyon (H/W = 1) and deep canyon (H/W > 2) (Vardoulakis et al., 2003) (Fig. 1).

Being an indicator related to the geometry of urban fabrics, it is widely applied in the scientific fields concerned with the study of microclimate and human biometereology in all those contexts where urban land use and form strongly influence climate conditions.

Actually, the geometry of urban canyons affects the sun and wind exposition of all flat surfaces inside the built environment (terrain, façades, flat roofs) and consequently its energy balance and microclimate, inversely proportional to the Aspect Ratio (a large street is more exposed to solar radiation and air flow, while a street between close buildings has less exposure and is more shaded). With high H/W values, two opposite thermal conditions may occur: on one hand, comfort for pedestrians in shady areas; on the other, uncomfortable thermal conditions due to the solar radiation reflected by street and built surfaces, more easily trapped in the narrow canyons, than in the large ones (Musco & Fregolent, 2014).

The concept of Aspect Ratio, related to street canyons, was introduced in the 1970s by Timothy Richard Oke, Professor of

Geography at the University of British Columbia in Vancouver, during the first studies on the Urban Heat Island (UHI): an effect, as Oke demonstrated through his research, which involves all urban areas, having an intensity proportional to the building density (Oke, 1972). Street geometry, as defined by the H/W ratio, is one of the main factors responsible for thermal variations (Nunez & Oke, 1977), having effects also on nocturnal UHIs (Oke, 1981).

That is why the H/W ratio can be used to define, according to the local climate conditions, the optimal geometric proportions of the urban canyon from the microclimate point of view, also considering its influence on the wind flow (Oke, 1988)[1] (Fig. 2).

Oke is also responsible for the classification of urban fabrics into Local Climate Zones, that is zones with homogeneous density and thermal properties, based on a set of parameters which include the Aspect Ratio and the Sky View Factor[2] (Steward & Oke, 2012).

In the wake of Oke's research, starting from the early years of the 21st century, this indicator has had a significant evolution in relation to different aspects: street orientation and solar exposure (Ali-Toudert & Mayer, 2006; Shishegar, 2013), the direction and speed of the wind together with the concentration of air pollutants (Li et al., 2009), temperature distribution and thermal comfort (Martinelli & Matzarakis, 2017), urban planning and climate change adaptation strategies aimed to the reduction of the UHI effect (Mahdavi et al., 2013; Musco & Fregolent, 2014).

Therefore, the Urban Aspect Ratio has established itself as an indicator to be used in the microclimate analysis of any urban context, in order to assess its vulnerability and the hazards due to high temperatures. Given the complexity and variety of urban fabrics, the analysis must necessarily

1 Oke, in particular, identifies three different fluid-dynamic regimes that changes with H/W: isolated roughness flow (H/W = 0.16667), wake interference flow (H/W = 0.25) and skimming flow (H/W = 1).

2 In addition to the Urban Aspect Ratio and the Sky View Factor, the parameters used for the treatment and classification of Local Climate Zones are the following: the percentage of surface area covered by buildings; the percentage of pervious or impervious surface area; the height of the roughness elements, understood as the average height of the elements (both built and unbuilt) that make up the area; the roughness class of the ground; the average surface admittance; the average surface albedo and the anthropogenic heat inputs (Stewart & Oke, 2012).

che danno luogo alle variazioni termiche (Nunez & Oke, 1977), con effetti che si riflettono anche nell'UHI notturna (Oke, 1981). Di qui la possibilità di utilizzare il rapporto H/W per definire, in ragione delle condizioni climatiche locali, le proporzioni geometriche ottimali del canyon dal punto di vista del microclima, tenendo anche conto della sua influenza sul flusso del vento (Oke, 1988)[1].

Sempre a Oke si deve, più recentemente, la classificazione dei tessuti urbani in *Local Climate Zones*, zone omogenee per densità e proprietà termiche sulla base di un set di parametri tra cui l'Aspect Ratio e lo *Sky View Factor*[2] (Steward & Oke, 2012).

Sul solco delle ricerche di Oke, a partire dai primi anni dell'XXI secolo, l'indicatore ha avuto una significativa evoluzione in relazione a molteplici aspetti: l'orientamento stradale e l'esposizione solare (Ali-Toudert & Mayer, 2006; Shishegar, 2013), la direzione e la velocità del vento insieme alla concentrazione di inquinanti aerei (Li et al., 2009), la distribuzione delle temperature ed il comfort termico (Martinelli & Matzarakis, 2017), la pianificazione urbana e la formulazione di strategie di adattamento al cambiamento climatico volte alla riduzione dell'UHI (Mahdavi et al., 2013; Musco & Fregolent, 2014).

L'Urban Aspect Ratio si è quindi affermato come uno dei principali indicatori da utilizzare nell'analisi microclimatica di un qualsiasi contesto urbano per indagarne la vulnerabilità (*vulnerability*) ed i livelli di rischio (*hazard*) connessi all'innalzamento delle temperature. Data la complessità e varietà dei tessuti urbani, l'analisi deve essere necessariamente condotta su porzioni territoriali non eccessi-

1 In particolare, Oke individua tre diversi regimi fluidodinamici che si sviluppano al variare di H/W: isolated roughness flow (H/W = 0,16667), wake interference flow (H/W = 0,25) e skimming flow (H/W = 1).

2 I parametri, utili alla trattazione e alla classificazione delle Local Climate Zones sono (oltre all'Urban Aspect Ratio e allo Sky View Factor): la percentuale di superficie occupata dagli edifici; la percentuale di superficie permeabile/impermeabile; l'altezza degli elementi di rugosità, intesa come l'altezza media degli elementi (costruito e non) che costituiscono l'area; la classe di rugosità del terreno; l'ammettenza media di superficie; l'albedo media di superficie e gli apporti di calore antropogenico (Stewart & Oke, 2012).

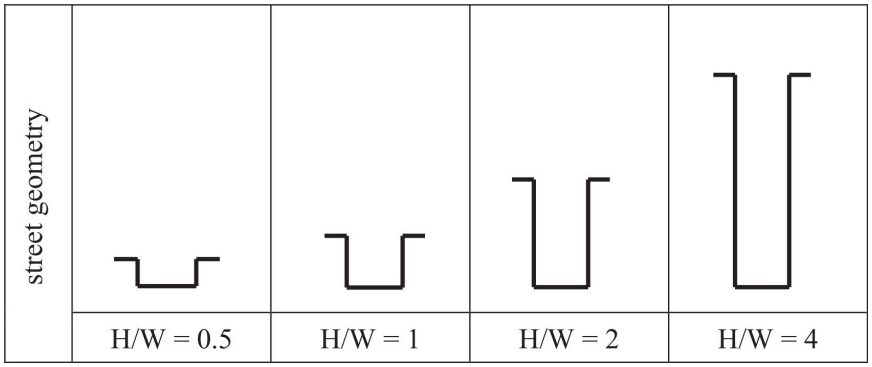


Fig. 1 - Geometrie del canyon urbano / *Geometry of urban canyons* (Source: Ali-Toudert e Mayer, 2006).

vamente estese, ad esempio un distretto urbano, mettendo in relazione il rapporto H/W con altri parametri complementari – quali lo *Sky View Factor*, l'albedo, la riflettanza e la conducibilità termica dei materiali, l'indice di riduzione di impatto edilizio e l'indice di vegetazione – così da pervenire ad una valutazione completa dei fenomeni interessati.

Tra le principali ricerche sviluppate sul tema in ambito europeo si segnala il progetto "UHI - Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon" (2011-2014)[3], il cui obiettivo è stato analizzare il fenomeno dell'isola di calore urbana in otto aree metropolitane dell'Europa centrale[4]; lo studio ha portato alla definizione di un protocollo metodologico basato sull'uso di due gruppi indicatori[5], tra cui il rapporto H/W, atti a descrivere le proprietà geometriche e termiche dei tessuti urbani per valutarne e monitorarne la resilienza all'UHI.

Per quanto concerne il calcolo dell'A.R., esso può essere effettuato in automatico utilizzando sistemi GIS. I dati di input necessari sono le altezze dell'edificato e le larghezze delle strade, desumibili da carte tecniche digitali (quali in Italia le

3 Progetto cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale nell'ambito del programma "Central Europe". La ricerca ha prodotto un Atlante, costituito da mappe tematiche degli aspetti connessi all'UHI, available at: http://gismo.zrc-sazu.si/flexviewers/UHIAtlas/

4 Si tratta del sistema metropolitano Bologna-Modena, del corridoio Venezia-Padova, e delle aree urbane di Vienna, Stoccarda, Varsavia-Lodz, Lubiana, Budapest, Praga.

5 Il primo gruppo - "Variabili per descrivere le proprietà geometriche" dei tessuti – comprende, oltre all'Aspect Ratio, lo Sky View Factor, la frazione di area costruita, la frazione di area non costruita, la frazione superficiale impermeabile, la frazione superficiale permeabile, l'altezza equivalente dell'edificio, la frazione superficiale costruita, la frazione superficiale del muro, la frazione superficiale del tetto, la compattezza media effettiva e, ove pertinente, il livello medio del maree; fanno invece parte del secondo gruppo - "variabili per descrivere la superficie e le proprietà dei materiali" - la riflettanza/albedo, l'emissività, la conducibilità termica, la capacità termica specifica, la densità e la produzione di calore antropogenico (Musco, 2016).

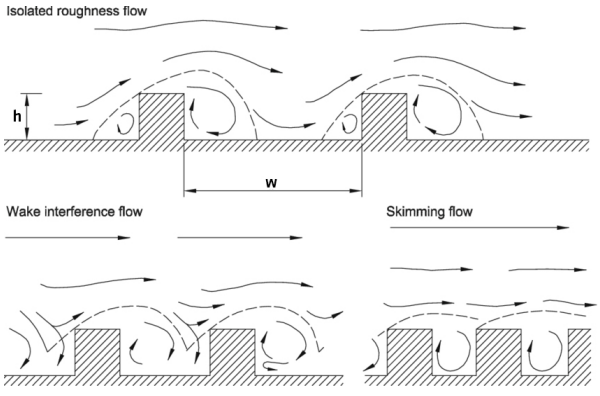


Fig. 2 - Regimi di flusso del vento in tre differenti canyon urbani / *Wind flow behavior in three different kinds of urban canyons* (Source: Oke, 1988).

be carried out on urban sections which are not too large, for example an urban district, by relating the H/W ratio to other complementary parameters – like the Sky View Factor, albedo, reflectance and thermal conductivity of materials, the Building Impact Reduction index and the Vegetation index – so that to get a complete evaluation of the concerned phenomena.

One of the most important researches developed on the subject in Europe is the project "UHI - Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon" (2011-2014)[3], focused on the analysis of the UHI effect in eight metropolitan areas of Central Europe[4]. The study led to the definition of a methodological protocol based on the use of two groups of indicators[5], including the H/W ratio, designed to describe the geometric and thermal properties of urban fabrics, in order to evaluate and monitor their resilience to the UHI effect.

The computation of the Urban Aspect Ratio can be done automatically with GIS software, using building heights and street widths (which can be deduced by digital technical maps, like those provided in Italy by the Regions) as input data.

By now, there is only one certified application (Street Canyon Tool), available for the proprietary platform ArcGis, which is provided with a specific parameterization module dedicated to

3 Project co-financed by the European Regional Development Fund under the "Central Europe" programme. The research produced an Atlas, consisting of thematic maps of UHI related topics, available online at: http://gismo.zrc-sazu.si/flexviewers/UHIAtlas/

4 The metropolitan agglomeration of Bologna-Modena, the urban corridor of Venice-Padua, Vienna, Stuttgart, Lodz and Warsaw, Ljubljana, Budapest, Prague.

5 In addition to the Aspect Ratio, the first group of indicators - "Variables to capture the geometric properties" of urban fabric – includes the Sky View Factor, the built area fraction, the unbuilt area fraction, the impervious surface fraction, the pervious surface fraction, the equivalent building height, the built surface fraction, the wall surface fraction, the roof surface fraction, the effective mean compactness and, where relevant, the mean sea level; the following indicators are instead part of the second group - "variables to capture the surface and material properties": reflectance/albedo, emissivity, thermal conductivity, specific thermal capacity, density and anthropogenic heat output (Musco, 2016).

the purpose (ADMS-Urban Advanced Canyon). Used in many studies by the society Cambridge Environmental Research Consultants (CERC)[6], it allows to extract the required values from the digital map within a buffer of 10 to 14 meters from the concerned street axis, calculate the H/W ratio and view the results on the map.

6 Cambridge Environmental Research Consultants is a Cambridge-based company founded in 1985 with the aim of applying the environmental research developments of the University of Cambridge and other British universities for practical purposes.

carte tecniche fornite dalle Regioni).

Ad oggi, esiste un unico applicativo certificato, ad uso della piattaforma proprietaria ArcGis (*Street Canyon Tool*) che si avvale di uno specifico modulo di parametrizzazione dedicato allo scopo (*ADMS-Urban Advanced Canyon*), impiegato in numerose ricerche dalla società *Cambridge Environmental Research Consultants* (CERC)[6], grazie al quale è possibile estrarre dalla cartografia digitale i valori richiesti entro un buffer di 10-14 metri dall'asse stradale interessato, calcolare il rapporto H/W e visualizzare i risultati su mappa.

6 La Cambridge Environmental Research Consultants è un'azienda, con sede a Cambridge, fondata nel 1985 con l'obiettivo di applicare gli sviluppi della ricerca ambientale dell'Università di Cambridge e di altre università britanniche per scopi pratici.

References

Ali-Toudert, F. & Mayer, J.H. (2004), *Planning-oriented assessment of street thermal comfort in arid regions*, proceedings of 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Eindhoven.

Ali-Toudert, F. & Mayer, J.H. (2006), "Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate", *Building and Environment*, vol. 41, n. 2, pp. 94-108.

CERC (2018), *ADMS Street Canyon Tool Version 2.0. User Guide*, Cambridge Environmental Research Consultants Ltd, Cambridge.

Li, X.X., Liu, C.H. & Leung, D.Y.C. (2009), "Numerical investigation of pollutant transport characteristics inside deep urban street canyons", *Atmospheric Environment*, vol. 43, n. 15, pp. 2410-2418.

Mahdavi, A., Kiesel, K. & Vuckovic, M. (2013), *A framework for the evaluation of urban heat island mitigation measures*, SB13 Conference, Monaco.

Martinelli, L. & Matzarakis, A. (2017), "Influence of height to width proportions on the thermal comfort of courtyard typology for Italian climate zones", *Sustainable Cities and Society*, vol. 29, pp. 97-106.

Musco, F. (ed) (2016), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*, Springer, Cham (CH).

Musco, F. & Fregolent, L. (eds) (2014), *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano*, Il Poligrafo, Padova.

Nunez, M. & Oke, T. (1977), "The energy balance of an urban canyon", *Journal of Applied Meteorology*, n. 1, vol. 16, pp. 11-19.

Oke, T.R. (1972), "City size and the urban heat island", *Atmospheric Environment*, vol. 7, n. 8, p. 769-779.

Oke, T.R. (1981), "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island comparison of scale model and field observations", *Journal of Climatology*, vol. 1, n. 3, pp. 237-254.

Oke, T.R. (1988), "Street design and urban canopy layer climate", *Energy Buildings*, vol. 11, pp. 103-113.

Piringer, M. & Joffre, S. (eds) (2005), *The urban surface energy budget and mixing height in European cities: data, models and challenges for urban meteorology and air quality*, Final Report of Working Group 2 of COST-715 Action, Bulgaria.

Shishegar, N. (2013), "Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons", *Journal of Clean Energy Technologies*, vol. 1, n. 1, pp. 52-56.

Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2009), *Classifying urban climate field sites by local climate zones: the case of Nagano, Japan*, Seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama.

Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2012), "Local climate zones for urban temperature studies", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 93, n. 12, pp. 1879-1900.

Unger, J. (2004), "Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach", *Climate Research*, vol. 27, n. 3, pp. 253-264.

Vardoulakis, S., Fisher, B.E.A., Pericleous, K. & Gonzalez-Flesca, N. (2003), "Modelling air quality in street canyons: a review", *Atmospheric Environment*, vol. 37, n. 2, pp. 155-182.

Zheng, B., Bedra, K.B., Zheng, J. & Wang, G. (2018), "Combination of tree configuration with street configuration for thermal comfort optimization under extreme summer conditions in the urban center of Shantou city, China", *Sustainability*, vol. 10, n. 11, pp. 1-23.

Albedo

Eduardo Bassolino, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Definizione e settori scientifici di applicazione

L'albedo è un indice che è in grado di misurare, in maniera adimensionale, ovvero privo di unità di misura, la quantità e la qualità di energia solare incidente che viene riflessa da una superficie. Il valore di albedo è compreso nell'intervallo tra 0 e 1, dove 1 è il più alto valore di riflettanza ed indica un corpo capace di riflettere tutta l'energia incidente (superficie bianca), mentre lo 0 rappresenta il più alto valore di assorbimento della radiazione solare (superficie nera).

Il coefficiente di albedo è generalmente usato in diversi settori scientifici disciplinari, come ad esempio quello delle scienze ambientali e della fisica, ed in particolare negli studi sulla termodinamica dei materiali, dal quale proviene la definizione canonica, che individua la classificazione ed uno standard per i valori di albedo delle superfici naturali e di materiali più comuni presenti nelle nostre città (UNI 8477, 1983).

In astrofisica, il coefficiente di albedo indica la frazione di energia della radiazione elettromagnetica riflessa da un corpo (celeste) o una superficie in relazione all'energia su di esso incidente e dipende dalla lunghezza d'onda della luce, dalla tipologia di superficie e dall'angolo d'incidenza con questa (PAC, 1990).

Il coefficiente di albedo può essere comunemente misurato attraverso uno strumento denominato "albedometro" che, misurando la differenza di radiazione globale incidente e di radiazione globale riflessa su una superficie nel visibile e nell'infrarosso vicino (0,315µm - 2,8µm), restituisce il valore di riflessione (o di albedo) di quella data superficie.

Il coefficiente di albedo è inoltre uno dei principali prodotti ottenibili attraverso il telerilevamento satellitare della superficie terrestre. Risultato è la restituzione sono immagini di tipo *raster* a differenti risoluzioni spaziali. L'uso delle immagini satellitari della riflettanza della superficie terrestre risulta utile in differenti settori scientifici e campi d'applicazione, quali ad esempio le scienze della terra per l'erosione costiera, per le scienze forestali per il rilevamento di aree verdi che hanno subito incendi, ma anche per l'urbanistica e per gli studi della città, soprattutto in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici in ambiente urbano. In relazione a queste tematiche, il Global Climate Observing System - GCOS ha dichiarato che il telerilevamento dell'albedo del cielo nero (albedo direzionale[1]), è una variabile climatica essenziale, il cui prodotto risulta sostanziale alle indagini legate al cam-

1 L'albedo direzionale o la riflettanza emisferica direzionale (detta anche albedo del cielo nero) è l'integrazione della riflettanza bidirezionale sull'emisfero visivo. Presuppone che tutta l'energia provenga da una radiazione diretta dal sole ed è calcolata per un tempo specifico.

Definition and scientific fields of application

The albedo is an index that measure, in a dimensionless way, the quantity and quality of incident solar energy reflected by a surface. The albedo goes from 0 to 1, where 1 is the highest reflectance value and indicates a body capable of reflecting all the incident energy (white surface), while 0 represents the highest absorption value of solar radiation (black surface).

The albedo coefficient is used in many scientific fields, such as environmental sciences and physics, most in the materials thermodynamics, from which the definition comes, identifing the classification and albedo values of the most common natural surfaces and materials of our cities (UNI 8477, 1983).

In astrophysics, the albedo indicates the energy fraction of the electromagnetic radiation reflected by a body (celestial) or a surface related to incident energy and depends on wavelength, type of surface and angle of incidence (PAC, 1990).

The albedo coefficient can be commonly measured through an instrument called "albedometer" what size the difference of incident global radiation and reflected global radiation on a surface in the visible and near-infrared (0.315µm - 2.8µm), give back the reflection (or albedo) value of that given surface.

The albedo coefficient is also one of the main products obtainable through satellite remote sensing of the earth's surface. The result are raster images with different spatial resolutions. The use of satellite images of the reflectance of the earth's surface is useful in different scientific sectors and fields of application, such as earth sciences for coastal erosion, forestry sciences in the detection of green areas that have suffered fires, for urban planning and city studies about the effects of climate change in the urban environment. Concerning these issues, the Global Climate Observing System - GCOS has declared that the remote sensing of the black-sky albedo (directional albedo[1])

1 Directional albedo or directional hemispheric reflectance (also called albedo of the black sky) is the integration of bi-directional reflectance on the visual hemisphere. It assumes that all energy comes from direct radiation from the sun and is calculated for a specific time.

as an Essential Climate Variable and the product is required for climate change purposes (Copernicus, 2019).

The use of the albedo as a performance index of the built urban space

In the research and design sectors related to the architecture one, and in particular to technological and environmental design, the phenomena related to the increase in urban temperatures, such as UHI (Urban Heat Island), and the occurrence of climate change have led to the development of new strategies and technical solutions capable of contributing to the control of the urban microclimate. In addition to the urban morphology (Urban Aspect Ratio) and the presence of vegetation and permeable surfaces, the thermophysical characteristics of the horizontal and vertical surfaces that forms the built urban environment have a greater impact. On the energy balance of urban surfaces contributes the characteristics of reflection and absorption of solar energy of the materials that forms the urban space. The albedo, or reflection coefficient, is that property of the material that affects its ability to absorb solar radiation. The higher the albedo, the lower the solar radiation absorbed, in this way the surface will tend to be colder, on the contrary, a low albedo coefficient allows to store more radiation (Rossi et al., 2007). Together with the albedo, the other properties of the materials such as emissivity[2], roughness[3] and specific heat[4], which contribute to the determination of thermodynamic performance, are to be considered. The albedo of the surfaces «is one of the factors that influence the local surface temperature and cannot be omitted when deciding on the characteristics of the building materials, even if these must be covered with vegetation» (Givoni, 1998). In the city, about 60% of the surfaces are roofs and floors, of this 20-25 % are roofs, while 30 to 45% are flooring. These surfaces are mostly dark, absorbing about 80% of the solar radiation, then converted into thermal energy, are the characteristics of the built environment, therefore of the surfaces, that exacerbate the overheating effect due to the ongoing climate change (EPA, 2008).

2 *Thermal emissivity is the measure of the ability of a surface to disperse heat or to emit long waves of radiation (infrared rays). Surfaces with high emissivity values will remain cooler, due the ability to release heat more easily (EPA, 2008).*

3 *Low roughness factors (smooth surfaces), guarantee lower absorption capacity of solar radiation (EPA, 2008).*

4 *An important property that influences the urban microclimate is the thermal capacity of materials, or its propensity to accumulate heat. Specific heat is the heat capacity per mass unit of a material (EPA, 2008).*

biamento climatico (Copernicus, 2019).

L'uso dell'albedo quale indice prestazionale dello spazio urbano costruito

Nei settori della ricerca e della progettazione legati al settore dell'architettura, e in particolare alla progettazione tecnologica e ambientale, i fenomeni legati all'aumento delle temperature urbane, quali l'UHI (Urban Heat Island), ed il verificarsi dei cambiamenti climatici hanno portato allo sviluppo di nuove strategie e soluzioni tecniche capaci di contribuire al controllo del microclima urbano. Ad incidere maggiormente, oltre alla morfologia urbana (Urban Aspect Ratio) ed alla presenza di vegetazione e di superfici permeabili, sono le caratteristiche termo-fisiche delle superfici orizzontali e verticali che compongono l'ambiente urbano costruito. Sul bilancio energetico delle superfici urbane, contribuiscono le caratteristiche di riflessione e assorbimento dell'energia solare dei materiali che compongono lo spazio urbano. L'albedo, o coefficiente di riflessione, è quella proprietà del materiale che incide sulla capacità dello stesso di assorbire la radiazione solare. Più alto è l'albedo, minore è la radiazione solare assorbita, in tal modo la superficie tenderà ad essere più fredda, al contrario un coefficiente di albedo basso permette di immagazzinare maggiore radiazione (Rossi et al., 2007). Insieme all'albedo, sono da considerate le altre proprietà dei materiali quali l'emissività[2], la rugosità[3] e il calore specifico[4], che concorrono alla determinazione delle prestazioni termodinamiche. L'albedo delle superfici «è uno dei fattori che influenzano la temperatura superficiale locale e non può essere omesso quando si decide sulle caratteristiche dei materiali da costruzioni, anche se questi vanno coperte con la vegetazione» (Givoni, 1998). In città, circa il 60% delle superfici sono tetti e pavimentazioni, di questi il 20-25% sono tetti, mentre dal 30 al 45% sono pavimentazioni. Dato che queste superfici sono per lo più di colore scuro, assorbendo circa l'80% della radiazione solare,poi convertita in energia termica, sono le caratteristiche dell'ambiente costruito, quindi delle superfici, ad esasperare l'effetto di surriscaldamento dovuto ai cambiamenti climatici in atto (EPA, 2008).

Strategia per l'uso dell'albedo quale indice di prestazione ambientale

La modificazione delle caratteristiche di albedo delle superfici urbane contribuisce in maniera significativa alla riduzione delle temperature. Di fatto, l'adozione di materiali "cool", ovvero materiali con elevati livelli di riflessività (albedo) e di emissività termica, è tra le strategie più efficacemente adottate per la riduzione delle alte temperature durante la stagione calda e dell'effetto isola di calore urbana. Questi materiali, generalmente di colore chiaro e con un basso fattore di rugosità (superfici lisce), sono caratterizzati da una minore capacità di assorbimento

2 L'emissività termica è la misura della capacità di una superficie di disperdere il calore, o di emettere onde lunghe di radiazione (raggi infrarossi). Le superfici con valori elevati di emissività della luce rimarranno più fresche, a causa della capacità di rilasciare il calore più facilmente (EPA, 2008).

3 Bassi fattori di rugosità (superfici lisce), garantiscono minori capacità di assorbimento della radiazione solare (EPA, 2008).

4 Un importante proprietà che influenza il microclima urbano è la capacità termica dei materiali, ovvero la sua propensione di accumulare calore. Il calore specifico è la capacità termica per unità di massa di un materiale (EPA, 2008).

della radiazione solare; «un'alta emissività inoltre determina un più favorevole rilascio termico in fase notturna del calore immagazzinato durante le ore diurne» (Zinzi et al., 2013).

Alcuni accorgimenti e considerazioni vanno fatte a valle dell'applicazione di materiali ad alto coefficiente di albedo, al fine di incidere positivamente sul bilancio termico urbano e sulle condizioni di comfort percepito. In particolare, va considerato che l'assorbimento di radiazione solare, lo stoccaggio di energia termica all'interno dei materiali e il successivo rilascio nel tempo, determinano l'aumento delle temperature dell'aria e il rilascio di calore durante le ore notturne (Santamouris, 2013; Nouri, 2015); pavimentazioni con ridotto spessore si riscaldano più velocemente durante il giorno ma in compenso si raffreddano più velocemente durante la notte; pavimentazioni in gradi di condurre più rapidamente il calore dalla superficie ad una base più fresca (il sottostrato), tratterranno meno calore. A fare la differenza nella scelta di pavimentazioni cool sono le proprietà termiche del materiale (convezione, conducibilità termica, capacità termica), oltre che lo spessore e la relazione con la geometria urbana del contesto (EPA, 2008).

Inoltre, va considerato che l'uso di materiali per le superfici urbane con alti fattori di albedo (colorazione tendente al bianco), può generare discomfort termico dagli utenti, infatti la radiazione solare immediatamente riflessa, oltre a provocare fenomeni di abbagliamento, ritorna nell'ambiente e viene percepita dagli utenti (Dessì, 2015). La sola strategia dei cool materials deve quindi essere integrata con «altre strategie passive quali, ombreggiamento e controllo del fattore solare, aumento della vegetazione e limitazione del traffico» (Nouri, 2015). «Superfici scure non vegetate (albedo basso) possono essere sostituite con superfici chiare e riflettenti (albedo alto) così da impedire che minore luce solare venga assorbita. Per evitare l'abbagliamento, altri colori chiari possono essere usativi al posto del bianco» (Givoni, 1998).

Ridurre l'isola di calore attraverso l'uso di materiali riflettenti, comporta la diminuzione dei decessi nelle fasce deboli per il caldo, una migliore durabilità dei

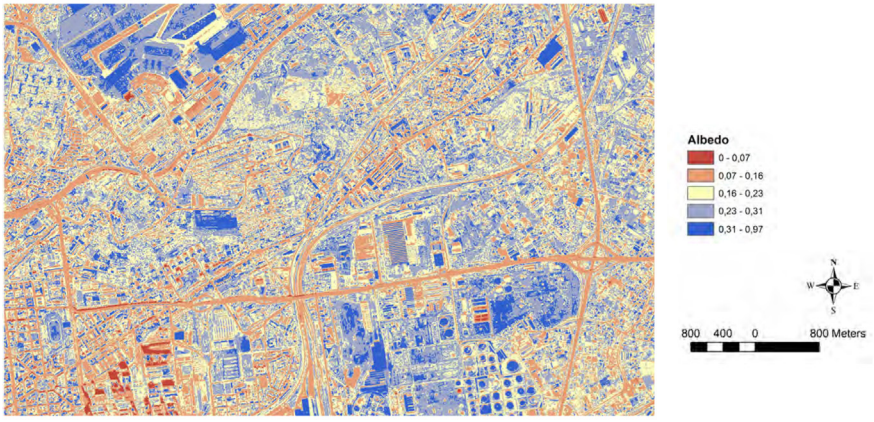


Fig. 1 - Immagine raster di Albedo computato da immagini satellitari ad alta risoluzione Pleiades / *Raster image of Albedo computed from high resolution Pleiades satellite images* (Source: Bocci, Capolupo, Rigillo, 2017).

Strategy for the use of the albedo as an index of environmental performance

The modification of the albedo characteristics of urban surfaces contributes significantly to the reduction of temperatures. The adoption of "cool" materials, i.e. materials with high levels of reflectivity (albedo) and thermal emissivity, is among the most effectively adopted strategies for the reduction of high temperatures during the hot season and the urban heat island effect. These materials, generally light cloured and with a low roughness factor (smooth surfaces), are characterized by a lower absorption capacity of solar radiation; «A high emissivity also determines a more favourable thermal release at night of the heat stored during the daytime» (Zinzi et al., 2013).

Some precautions and considerations must be made before of the application of materials with a high albedo coefficient, to positively affect the urban thermal balance and perceived comfort conditions. In particular, it must be considered that the absorption of solar radiation, the storage of thermal energy inside the materials and the subsequent release over time, determine the increase in air temperatures and the release of heat during the night (Santamouris, 2013; Nouri, 2015); floors with reduced thickness heat up faster during the day but on the other hand cool down faster during the night; floors able to conduct heat more quickly from the surface to a cooler base (the substrate) will retain less heat. The thermal properties of the material (convection, thermal conductivity, thermal capacity), as well as the thickness and the relationship with the urban geometry of the context (EPA, 2008), make the difference in the choice of cool flooring.

Furthermore, it should be considered that the use of materials for urban surfaces with high albedo factors (colouring tending to white), can generate thermal discomfort from users, in fact, the immediately reflected solar radiation, in addition to causing glare phenomena, returns to the environment and is perceived by users (Dessì, 2015). The only cool materials strategy, therefore, must be integrated with «other passive strategies such as shading and control of the solar factor, increasing vegetation and limiting traffic» (Nouri, 2015). «Dark non-vegetated surfaces (low albedo) can be replaced with clear and reflective surfaces (high albedo) to prevent less sunlight from being absorbed. To avoid glare, other light colours can be used instead of white» (Givoni, 1998).

Reducing the heat island through the use of reflective materials leads to a decrease in deaths due to the heat, better durability of the materials, a lower need for lighting along the roads, with lower consumption of electricity and a reduction CO_2 emissions, as well as improving air quality. Finally, a further advantage is represented by the «convenience of the

investment, the pay-back is typically one year and helps cities to mitigate and adapt to climate change, in the meantime making places to live more desirable and comfortable» (Global Cool Cities Alliance, 2012).

materiali, una minore necessità di illuminazione lungo le strade, con un minor consumo di elettricità e la riduzione delle emissioni di CO_2, oltre che il miglioramento della qualità dell'aria. Ulteriore vantaggio è infine rappresentato dalla «convenienza dell'investimento, infatti il *pay back* è tipicamente di un anno, e aiuta le città a mitigare e adattarsi al cambiamento climatico, rendendo nel frattempo più desiderabili e confortevoli i luoghi da vivere» (Global Cool Cities Alliance, 2012).

References

Boccia, L., Capolupo, A. & Rigillo, M. (2017), "Per un "progetto di suolo" alla scala di distretto urbano", in D'Ambrosio, V. & Leone, M. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici*, Napoli, CLEAN Edizioni.

Calvert, J. (2009), "Glossary of atmospheric chemistry terms (Recommendations 1990). Pure and Applied Chemistry", vol. 62, n. 11, pp. 2167-2219.

Copernicus Global Land Service, availlable at: https://land.copernicus.eu/global/products/sa (accessed on-line 10 November 2019).

Dessì, V. (2011), "Urban Material for Comfortable Open Spaces", proceedings of World Renewable Energy Congress - Sweden; 8-13 May, Linköping.

Dessì, V. (2017), "Progettare il comfort degli spazi pubblici", *REBUS® - Renovation of public Buildings and Urban Spaces*, n. 08, Regione Emilia-Romagna.

Environmental Protection Agency (ed) (2008), "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies", *EPA*, Washington, Stati Uniti.

Fanchiotti, A. & Carnielo, E. (2012), "Impatto di cool material sulla mitigazione dell'isola di calore urbana e sui livelli di comfort termico negli edifici", *Report RdS/2011/145*, ENEA, Roma.

Global Cool Cities Alliance (ed) (2012), *A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements*, available at: https://www.coolrooftoolkit.org/wp-content/pdfs/CoolRoofToolkit_Full.pdf (accessed on-line 10 Nov. 2019).

Givoni, B. (1998), *Climate Considerations in Building and Urban Design*, John Wiley & Sons, New York.

Li, H., Harvey, J. T., Holland, T. J. & Kayhanian, M. (2013), "Corrigendum: The use of reflective and permeable pavements as a potential practice for heat island mitigation and stormwater management", *Environmental Research Letters*, n. 8, IOP Publishing, UK.

Nouri, A. S. (2015), "A Framework of Thermal Sensitive Urban Design Benchmarks: Potentiating the Longevity of Auckland's Public Realm", *Buildings*, n. 5-2015, pp. 252-281.

Rossi, S., Margelli, F. & Georgiadis, T. (2007), "Il verde pensile come strumento di mitigazione dell'isola di calore urbana", *Atti della Giornata di Studi "Il Verde pensile nel clima mediterraneo"*, Ed. Universitaria DICAT, Genova.

Santamouris, M. (2013), "Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat islands - A review of the actual developments", *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, n. 26, pp. 224–240.

UNI (1983), *UNI 8477-1:1983*. *Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell' energia raggiante ricevuta*.

Zinzi, M., Carnielo, E. & Fasano, G. (2012), "Determinazione delle proprietà termofisiche di materiali ad elevata riflettanza solare per applicazioni a scala urbana: limiti e potenzialità", *Report RdS/2012/227*, ENEA, Roma.

Zinzi, M., Carnielo, E. & Fasano, G. (2013), "Caratterizzazione e valutazione di pavimentazioni riflettenti per applicazioni urbane", *Report RdS/2013/166*, ENEA, Roma.

Zinzi, M., Fasano, G. & Girardello, C. (2014), "Caratterizzazione e applicazioni di cool materials per le chiusure verticali degli edifici", *Report RdS/PAR2013/144*, ENEA, Roma.

Indice di permeabilità
Permeability Index

Roberto Bosco, *presso Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Salvatore Cozzolino, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Carlo Donadio*, Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il grado di impermeabilizzazione del suolo ha un ruolo determinante sia negli eventi alluvionali da pioggia che nella generazione del calore. A un elevato valore di impermeabilità corrisponde l'aumento del runoff che, impedendo una adeguata ritenzione e infiltrazione dell'acqua, eleva il fattore di rischio inondazioni. Allo stesso tempo, una minore permeabilità delle superfici e la conseguente minor evapotraspirazione, determina l'aumento delle temperature delle superfici stesse e dell'aria. Il parametro dell'impermeabilità è dunque di fondamentale importanza nel processo di identificazione delle aree urbane potenzialmente interessate da allagamenti, inondazioni o calore (Swart et al., 2012, p. 153) (Timmerman et al., 2017). Nella cultura tecnica il concetto di permeabilità si esprime attraverso indici riferiti a quattro aspetti fondamentali: la dimensione urbanistica delle definizioni del Regolamento Edilizio Tipo italiano; il valore in percentuale della permeabilità del suolo (classificato dal Protocollo Itaca nel criterio C.4.3); il coefficiente di permeabilità dei materiali di pavimentazione (Cp – Scala del dettaglio costruttivo); il coefficiente di permeabilità k applicabile a terreni, rocce e materiali. In ogni caso il valore indicativo ricavabile esprime la capacità di una zona o di un materiale di essere attraversati dai fluidi.

Aspetto Urbanistico

Nello Schema di Regolamento Edilizio Tipo (RET) del 2016, in via di recepimento da Regioni e Comuni italiani, tra le Definizioni Uniformi viene elencato l'indice di permeabilità quale rapporto tra superficie permeabile e superficie territoriale (IPT) o fondiaria (IPF). La Regione Piemonte (D. C. n. 247/45856/2017) chiarisce che tali indici vengono espressi in percentuale, mentre il Regolamento della Regione Toscana n. 39/R,/2018 precisa che negli interventi di incremento di superficie coperta (SC), debba essere mantenuto indice di permeabilità fondiaria (IPF) pari ad almeno il 25 per cento della superficie fondiaria (SF).

Permeabilità del suolo

Il coefficiente di permeabilità (α) rappresenta il rapporto tra il volume di acqua meteorica in grado di raggiungere il sottosuolo attraverso la specifica pavimentazione e il volume totale di acqua piovuta su essa. Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione si fa riferimento ai valori del coefficiente *α* riportati in Tabella 1.

La verifica del parametro si ottiene calcolando l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio (A), quindi l'estensione di ciascuna tipologia di sistemazione esterna tramite la formula

$$S_e = \sum S_{e,i} \qquad (1)$$

dove:

S_e = estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (A), [m²];

$S_{e,i}$ = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esi-

Soil sealing plays a decisive role in both rainfall and heat generation. A high impermeability value corresponds to an increase in the runoff raising the risk factor of flooding, by preventing adequate water retention and infiltration. At the same time, a lower permeability of the surfaces and the consequent lower evapotranspiration, determines the increase in surface and air temperatures. The impermeability parameter is therefore of fundamental importance to identify urban areas potentially affected by flooding, inundations, or heat (Swart et al., 2012, p. 153) (Timmerman et al., 2017). In technical culture, the concept of permeability is expressed through indices analyzing four fundamental aspects: the urban definitions of the Italian Standard Building Regulations; the percentage value of soil permeability (classified by the Ithaca Protocol in criterion C.4.3); the permeability coefficient of paving materials (Cp - Scale of construction detail); the permeability coefficient k applicable to soils, rocks and materials. In any case the indicative value expresses the capacity of an area or material to be crossed by fluids.

Planning aspect

In the Standard Building Regulation Scheme (RET) of 2016 and being implemented by Italian Regions and Municipalities, among the Uniform Definitions the permeability index is the ratio between the permeable surface and the land surface (IPT) or buildable surface (IPF). Piemonte Region (D.C. n. 247/45856/2017)clarifies that these indexes are expressed as a percentage. while Region Tuscany Regulation n. 39/R,/2018 specifies that in the interventions of increase in covered area (SC), an index of permeability of land (IPF) equal to at least 25 percent of the land area (SF) must be guaranteed.

TIPI DI COMPONENTI PER ESTERNO	αi
Prato in piena terra	1,00
Ghiaia, sabbia, calcestre o altro materiale sciolto	0.90
Elementi grigliati in polietilene o altro materiale plastico con riempimento di terreno	0.80
Elementi grigliati/alveolari in cls posato a secco, con riempimento di terreno vegetale o ghiaia	0,60
Elementi autobloccanti di cls, porfido, pietra o altro materiale, posati a secco su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia	0.30
Pavimentazioni continue, discontinue a giunti sigillati, posati su soletta o battuto di cls	0

Tab. 1 - Valori del coefficiente α / *Values of the coefficient α*

Soil permeability

The permeability coefficient (α) represents the ratio between the volume of stormwater capable of reaching the subsoil through the specific pavement and the total volume of rainwater on it. For the purpose of calculating the performance indicator, the values of the coefficient α given in the table are a reference set:

The verification of the parameter is obtained by calculating the total area of the external surfaces pertaining to the building (A). Then the extension of each type of external arrangement is given by the formula (1) where: S_e = extension of the external surface of the building (A), [m²]; $S_{e,i}$ = extension of the external surface with the type of floor i-th, [m²]

Subsequently, the effective extent of the permeable external surfaces (B) is calculated as the sum of the extensions of the different floors, each multiplied by its own permeability coefficient: (2) where: B = total effective extent of permeable external surfaces, [m²]; $S_{e,i}$ = extension of the external surface with the flooring type i-th, [m²]; α_i = permeability coefficient of the type of flooring i-th, [-]. Finally, the value of the performance index must be calculated as the percentile ratio between the total extension of permeable surfaces (B) and the extension of the external surface of the building (A) according to the formula (3)

Permeability of surfaces

The Average Annual Permeability Coefficient (C_p) of a floor is the annual percentage of rainwater that filters through the floor and the layers below it. C_p depends on local factors (permeability of the natural ground, duration and intensity of rain, temperature) and design choices (permeability of the laying layers, flooring and grain size of the aggregates, filling material of the holes such as gravel or grass, slope of the flooring).

Permeability is defined by the annual average flow coefficient (C_d), which is evaluated by the Territorial Planning, since $C_d + C_p = 100\%$. Several drainage floors in solid wood or blocks, installed with the appropriate procedures and materials, can reach a Permeability Coefficient of 60-70%, a remarkable value if we consider that it is difficult for a natural soil to drain, without flooding, all the water that can come from violent storms or tempests. Table 3 shows the average permeability coefficients referred to permeable floors in solids or blocks in relation to various natural substrate soils.Saturated hydraulic conductivity (K) is the permeability under saturated conditions of the entire pavement, under a unitary gradient in pressure; it is a function of the porosity of the pavement material and the underlying layers and is expressed in meters/sec or cm/hour. It is possible to establish the K, even of the floor itself, by means of standardized ASTM tests. In the case of special laying layouts, it is possible to determine K using the formula:

ma, [m²] Successivamente, si calcola l'estensione effettiva delle superfici esterne permeabili (*B*) come somma delle estensioni delle diverse pavimentazioni, ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità:

$$B = \sum (S_{e,i} + \alpha_i) \qquad (2)$$

dove:

B = estensione totale effettiva delle superfici esterne permeabili, [m²];

$S_{e,i}$ = estensione della superficie esterna con la tipologia di pavimentazione i-esima, [m²];

α_i = coefficiente di permeabilità della tipologia di pavimentazione i-esima, [-].

Infine, occorre calcolare il valore dell'indice di prestazione come rapporto percentile tra l'estensione totale delle superfici permeabili (*B*) e l'estensione della superficie esterna di pertinenza dell'edificio (*A*) secondo la formula

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{\sum (S_{e,i} \cdot \alpha_i)}{S_e} \cdot 100 \qquad (3)$$

Permeabilità delle superfici

Il Coefficiente di Permeabilità medio annuo (C_p) di una pavimentazione è la percentuale di acqua piovana che filtra attraverso il pavimento e gli strati sottostanti in un anno. C_p dipende da fattori locali (permeabilità del terreno naturale di fondo, durata e intensità di pioggia, temperatura) e scelte progettuali (permeabilità degli strati di posa, pavimentazione e granulometria degli inerti, materiale di riempimento dei fori quale ghiaia o erba, pendenza della pavimentazione). La permeabilità è definita dal coefficiente di deflusso medio annuo (C_d), che viene valutato dai Piani di Assetto del Territorio, poichè $C_d + C_p = 100\%$.

Diversi pavimenti drenanti in masselli o blocchetti, installati con le procedure e i materiali adeguati, possono raggiungere un Coefficiente di Permeabilità del 60-70%, valore notevole se si considera che difficilmente un terreno naturale riesce a drenare tutta l'acqua che può provenire da violenti nubifragi o temporali. La tabella 3 mostra i coefficienti di permeabilità medi di pavimentazioni permeabili in masselli o blocchetti in relazione a vari terreni naturali di sottofondo. La conduttività idraulica satura (*K*) è la permeabilità in condizioni sature dell'insieme della pavimentazione, sotto un gradiente unitario in pressione. Funzione della porosità del materiale della pavimentazione e degli strati sottostanti la conduttività è espressa in metri/sec o cm/ora. È possibile stabilire il *K* mediante prove standardizzate ASTM. In caso di layout di posa particolari è possibile determinare *K* mediante la formula:

$$K_{tot} = K_{solido} \cdot \left(\frac{A_{solida}}{A_{tot}}\right) + K_{fill} \cdot \left(\frac{A_{fill}}{A_{tot}}\right)$$

dove:

- K_{solido} = Conduttività della pavimentazione senza vuoti
- K_{fill} = Conduttività degli inerti che riempiono le parti vuote
- A_{tot} = Area totale della pavimentazione
- A_{solida} =Area della parte occupata dai masselli
- A_{fill} =Area della parte occupata dagli inerti

Terreni e rocce

La permeabilità è una proprietà delle rocce lapidee o dei terreni incoerenti che ne rappresenta la capacità di essere attraversati da fluidi; si distingue in primaria o

per porosità n (%), quest'ultima data dal rapporto fra volumi: $n = V_v/V_t \cdot 100$ (1)

dove V_v è il volume dei vuoti e V_t quello totale della roccia (somma dei volumi di gas, acqua e particelle solide); questa permeabilità è tipica di rocce clastiche, detriti e terreni incoerenti. La permeabilità secondaria o per fessurazione, invece,è propria di rocce lapidee fratturate o caratterizzate dal fenomeno del carsismo[1]. La porosità n è connessa all'indice dei vuoti $e = V_v/V_s$ (2)

con V_v volume dei vuoti e V_s volume del solido inclusa l'acqua adsorbita, dalla seguente relazione: $e = (n/100)/1-(n/100)$ (3)

L'indice dei vuoti e si usa anche per calcolare il volume specifico v di una roccia e la densità relativa D_r (%); il volume dei vuoti V_v si rapporta al grado di saturazione Sr (%) dei terreni (asciutto $0 \geq Sr \leq 100\%$ saturo), a sua volta dipendente dalla permeabilità, come il contenuto d'acqua w dato però dal rapporto tra peso dell'acqua e del solido (valori anche >100%). Il coefficiente di permeabilità K definito dalla Legge di Darcy indica come un terreno si lascia attraversare dall'acqua; ha le dimensioni di una velocità e si esprime in metri al secondo (m/s) o in darcy[2]. Quando l'acqua di precipitazione meteorica p (mm/a) o di ruscellamento superficiale R (m/a) fluisce con facilità attraverso i pori intercomunicanti di un suolo caratterizzato da una certa porosità efficace n_e (%) $= V_{veff}/V_t \cdot 100$ (4)

dove V_{veff} è il volume dei vuoti e V_t quello totale della roccia. Sotto l'azione dell'accelerazione di gravità g (m/s^2) il suolo si considera molto permeabile (K alto) invece quando oppone resistenza al moto dell'acqua è scarsamente permeabile (K basso). Il coefficiente di permeabilità K può assumere valori da $K < 1 \cdot 10^{-8}$ a $K > 1 \cdot 10^{1}$ m/s, pertanto vi sono suoli oltre un milione di volte più permeabili di altri (Tab. 5). Esiste una proporzionalità fra portata di deflusso Q (m^3/s) e differenza di carico idraulico Δh. Considerando il gradiente idraulico $i = \Delta h/L$ e l'area A interessata dalla filtrazione si ha: $Q = K A i$ (5)

Oltre al coefficiente di permeabilità K vi sono altri coefficienti e tipi di permeabilità:

- il coefficiente di permeabilità verticale di uno strato semi-permeabile K' (m/s);
- la permeabilità intrinseca (cm²) $k = N d^2_{10}$ (6)

dipendente dal fattore di forma N e diametro efficace d_{10} (cm) dei granuli di terreno. Con valori di d_{10} inferiori a 0,001 mm il terreno diventa impermeabile.

Alcuni autori hanno proposto per N un valore medio pari a 100 (Castany, 1982), da cui: $k = 100\ d^2_{10}$ (7)

Per i terreni stratificati si usa la media aritmetica dei coefficienti di permeabilità K_m (m/s). In particolare, K' è usato anche per calcolare il coefficiente di fuga K'/b' (h), con b' (m) spessore di uno strato semi-permeabile, ed il fattore di fuga

1 Dissoluzione chimico-fisica di rocce carbonatiche con soluzione di carbonato di calcio ($CaCO_3$) in bicarbonato di calcio [$Ca(HCO_3)_2$], in presenza di acque acidule contenenti anidride carbonica (CO_2) in soluzione; la reazione chimica è reversibile, con precipitazione del sale; le rocce carsificate formano paesaggi regionali con ampie fessure e cavità, perlopiù sotterranee.

2 Un *darcy* (d) consente l'attraversamento di 1 cm³/s di un fluido con viscosità μ pari a 1 cP (1 mPa·s) con un gradiente di pressione di 1 atm/cm applicata su un'area di 1 cm²; i valori di permeabilità variano da >100000 d per la ghiaia, a 1 d per la sabbia e < 0,01 µd per il granito.

Where: $K_{tot} = K_{solido} \cdot \left(\frac{A_{solida}}{A_{tot}}\right) + K_{fill} \cdot \left(\frac{A_{fill}}{A_{tot}}\right)$

- K_{solido} = *Conductivity of flooring without voids*
- K_{fill} = *Conductivity of inerts that fill empty parts*
- A_{tot} = *Total flooring area*
- A_{solida} = *Area of the part occupied by the hardwoods*
- A_{fill} = *Area of the part occupied by the inerts*

Soils and rocks

Permeability is a property of stone rocks or incoherent soils that represents their ability to be penetrated by fluids; it is distinguished in primary or by porosity n (%), the latter given by the ratio between volumes:(1) where Vv is the volume of voids and Vt is the total volume of rock (sum of volumes of gas, water, and solid particles); this permeability is typical of clastic rocks, debris and incoherent soils. Secondary permeability or permeability by cracking, on the other hand, is typical of stone rocks that are fractured or chacterized by the phenomenon of karstification[1] . The porosity n is connected to the index of voids e (2) with V_v volume of the voids and V_s volume of the solid including the adsorbed water, from the following relation:(3) The voids index is also used to calculate the specific volume v of a rock and the relative density Dr (%); the volume of voids Vv relates to the degree of saturation Sr (%) of the soils (dry $0 \geq Sr \leq 100\%$ saturated), which in turn depends on the permeability, as well as the water content w given by the ratio between water

1 *Chemical-physical dissolution of carbonate rocks with calcium carbonate solution ($CaCO_3$) in calcium bicarbonate [$Ca(HCO_3)_2$], in the presence of acidulous waters containing carbon dioxide (CO_2) in solution; the chemical reaction is reversible, with precipitation of the salt; the carsified rocks form regional landscapes with large cracks and cavities, mostly underground.*

Terreno naturale sottostante		Pendenza del pavimento	Precipitazione media annua	
Permeabilità K	Tipo di terreno		< 1250 mm/anno	1250 - 2000 mm/anno
Elevata (k > 10^{-4} m/s)	Ghiaia, ghiaia sabbiosa ben assortita	< 3,5%	71%	67%
		3,5 - 10%	70%	65%
		10 - 35%	59%	52%
Buona (k= 10^{-7} - 10^{-4} m/s)	Sabbia, terreno senza passante a 0,075 mm	< 3,5%	68%	63%
		3,5 - 10%	67%	61%
		10 - 35%	56%	58%
Mediocre (k< 10^{-7} m/s)	Argilla limosa, argilla sabbiosa, terreno o con più del 5% di passante a 0,075 mm	< 3,5%	62%	55%
		3,5 - 10%	61%	53%
		10 - 35%	50%	40%

Tab. 2 - Fonte: Senini, note tecniche sui pavimenti drenanti / *Source: Senini, technical notes on drainage floors.*

and solid weight (values also >100%). The permeability coefficient K defined by Darcy's Law indicates how a soil may be crossed by water; it has the size of a speed and is expressed in meters per second (m/s) or in darcy[2]. When water from meteoric precipitation p (mm/a) or surface runoff R (m/a) flows easily through the intercommunicating pores of a soil with a certain effective porosity n_e (%)(4) where Vveff is the volume of the voids and Vt is the total volume of the rock. Under the action of gravity acceleration g (m/s2) the soil is considered very permeable (high K) instead when it resists the motion of the water is poorly permeable (low K). The permeability coefficient K may take values from K <1·10-8 a K >1·101 m/s, so there are soils more than a million times more permeable than others (Tab. 5). There is a proportionality between outflow Q (m³/s) and hydraulic load difference Δh. Considering the hydraulic gradient i =Δh/L and the area A affected by the filtration, we have:(5)

In addition to the permeability coefficient K there are other coefficients and types of permeability: the vertical permeability coefficient of a semi-permeable layer K' (m/s);intrinsic permeability (cm²) $k = N\, d^2_{10}$ (6) depending on the form factor N and effective diameter d10 (cm) of the soil granules. With values of d_{10} less than 0.001 mm soil becomes impermeable. Some authors have proposed for N an average value of 100 (Castany, 1982), hence:(7) For stratified soils, the arithmetic mean of the permeability coefficients Km (m/s) is used. In particular, K' is also used to calculate the leakage coefficient K'/b' (h), with b' (m) thickness of a semi-permeable layer, and the leakage or drainage factor of an aquifer:(8) where T = K b is the transmissivity (m²/s) i.e. the flow rate of water flowing from an aquifer of unitary width L under the effect of a unit of hydraulic gradient i.

2 *a darcy (d) allows the crossing of 1 cm³/s of a fluid with a viscosity μ of 1 cP (1 mPa·s) with a pressure gradient of 1 atm/cm applied over an area of 1 cm²; the permeability values vary from >100000 d for gravel, to 1 d for sand and < 0,01μd for granite.*

o drenanza di un acquifero:

$$B = \frac{\sqrt{Tb'}}{K'} \qquad (8)$$

dove $T = K\, b$ è la trasmissività (m²/s) ovvero la portata d'acqua che defluisce da un acquifero di larghezza unitaria L sotto l'effetto di una unità di gradiente idraulico i.

Tipo di superficie	*K m/s*	*K cm/h*
Aggregato 2,5 cm	0,34	125000
Granulometria da 0,2 a 2 mm	$1{,}6*10^{-3}$	3250
Masselli su limo (10 anni)		0,5 - 2,5
Masselli OpenJointed riempimento sabbia 0,2-0,5 appena posto in opera		23
Masselli OpenJointed riempimento sabbia 0,2-0,5 dopo 6 anni		10
Griglie a celle aperte con riempimento 2/5 mm dopo 1 mese dalla posa		23
Griglie a celle aperte con riempimento 2/5 mm dopo 4,5 anni dalla posa		12
Griglie a celle aperte con riempimento 0/2 mm dopo 2 anni dalla posa		7
Cls poroso non vibrato in fase di posa		2250
Cls poroso vibrato in eccesso in fase di posa		5 - 60
Asfalto poroso appena installato		425 - 1250
Asfalto poroso dopo 4 anni dall'installazione		4 - 60

Tab. 3 - Confronto tra il *K* di alcune pavimentazioni di uso comune / *Comparison of the K of some commonly used floorings.*

DIAMETRO GRANULI (mm)		**64**		**2**	**0.25**	**0.063**	**0.004**
***K* (m/s)**		10^{1} 1	10^{-1}	10^{-2} 10^{-3}	10^{-4} 10^{-5} 10^{-6}	10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}	10^{-10} 10^{-11}
GRANULOMETRIA	omogenea	ghiaia		sabbia	sabbia molto fine	silt	argilla
	varia						
GRADO DI PERMEABILITÀ		ELEVATA			BASSA		NULLA
TIPO DI FORMAZIONE		PERMEABILI			SEMI-PERMEABILI		IMPERMEABILI

Tab. 4 - Valori del coefficiente di permeabilità *K* in relazione alla granulometria dei terreni: le frecce indicano limiti convenzionali (da Castany, 1982 mod.) / *Values of the K permeability coefficient in relation to land grain size: the arrows indicate conventional limits (da Castany, 1982 mod.).*

References

Barberis, R., Di Fabbio, A., Di Leginio, M., Giordano, F., Guerrieri, L., Leoni, I., Viti, S. et al. (2006), *Impermeabilizzazione e consumo dei suoli nelle aree urbane. Qualità dell'ambiente urbano*, III Rapporto APAT, Roma.

Colombetti, A. & Nicolodi, F. (2007), *Metodi per la determinazione del coefficiente di permeabilità K nel "non saturo"*. Ed. Geo-Graph, Segrate (MI).

Hölting, B. & Coldewey, W.G. (2019), *Hydrogeology*, Springer.

Swart, R., Fons, J., Geertsema, W., van Hove, B., Gregor, M., Havranek, M., Peltonen, L. et al.(2012), *Urban Vulnerability Indicators. A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA*, ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report, 1 Copenhagen.

Timmerman, J. G., Bacciu, V., Coninx, I., Fons, J., Gregor, M., Swart, R. J. et al. (2015), *Map book urban vulnerability to climate change: Factsheets.*

Websites

http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/ladozione-del-regolamento-edilizio-tipo-ret

http://www.idrogeologia.net/

Trasmittanza termica dinamica
Dynamic Thermal Transmittance

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

L'obiettivo del risparmio energetico degli edifici attraverso il controllo della dispersione di calore, impone di analizzare gli elementi costituenti l'involucro edilizio in relazione al valore di trasmittanza termica, così da ridurre la quantità di calore disperso.

La *trasmittanza* termica U si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C, ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare, che si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati (UNI EN ISO 6946).

Più il valore della trasmittanza è basso, migliore è l'isolamento della struttura in esame. Un parametro relativo alla trasmittanza è la *resistenza termica*, che individua la capacità di un materiale di opporsi al passaggio del calore.

La trasmittanza aumenta al diminuire dello spessore ed all'aumentare della conducibilità termica, infatti strutture con bassissima trasmittanza termica si caratterizzano per fornire un elevato isolamento termico. Di seguito si riporta la formula per il calcolo della trasmittanza e della resistenza termica:

$$U = 1/Rt$$

Fig. 1 - Calcolo della Trasmittanza / *Calculation of Transmittance.*

$$Rt = Rsi + R + R + + Rn + Rse$$

Fig. 2 - Calcolo della Resistenza Totale / *Calculation of Total Resistance.*

con
Rsi = resistenza superficiale interna;
R1; R2; …Rn = resistenze termiche utili di ciascuno strato;
Rse = resistenza superficiale esterna;

$$R = d/\lambda$$

Fig. 3 - Calcolo della Resistenza / *Calculation of Resistance.*

con:
d spessore dello strato di materiale nel componente;
λ conduttività termica utile calcolata secondo ISO/DIS 10456.2 o ricavata da valori tabulati. (Per il calcolo della trasmittanza dei componenti edilizi finestrati si fa riferimento alla UNI EN ISO 10077-1)

Today, in order to achieve the objective of energy saving in buildings through the control of heat loss, it is necessary to analyze the building envelope elements in relation to the thermal transmittance value, so as to reduce the amount of waste heat. The thermal transmittance U is defined as the heat flow through a unitary surface subjected to a temperature difference of 1°C, and is related to the characteristics of the material that makes up the structure and the liminal heat exchange conditions, which is assumed to be equal to the inverse of the sum of the thermal resistance of the layers (UNI EN ISO 6946).

Lower the transmittance value is, better the insulation of the structure under examination is. A parameter related to transmittance is the thermal resistance, which identifies the ability of a material to resist the passage of heat.

The transmittance increases with decreasing thickness and increasing thermal conductivity, in fact structures with very low thermal transmittance are characterized by providing high thermal insulation.

Below is the formula for the calculation of transmittance and total resistance:

$$U = 1/Rt$$

$$Rt = Rsi + R + R + + Rn + Rse$$

where:
Rsi= internal surface resistance;
R1;R2;...Rn = useful thermal resistances of each layer;
Rse = external surface resistance;

$$R = d/\lambda$$

where:
d= useful thermal resistances of each layer;
λ= useful thermal conductivity calculated according to ISO/DIS 10456.2 or derived from tabulated values. (For the calculation of the transmittance of the glazed building components reference is made to the UNI EN ISO 10077-1)

In recent years the concept of thermal transmittance has evolved in the direction of energy conservation through a drastic reduction in values, especially for the opaque envelope (Zambelli, et al., 2004). The transmission of heat occurs through a body when it is subjected to a temperature difference. The energy is transferred from the point at higher temperature to the point at lower temperature, according to three fundamental mechanisms: conduction, convection and radiation. Since the analysis of this phenomenon refers to complex theories, in order to make the development of calculations easier, the steady-state conditions (constant heat flow over time, and the U transmittance [W/(m²-K)] describes its behaviour), a flat wall of infinite extension, the perfectly homogeneous and isotropic material and the two outer faces of the wall are considered isothermal surfaces. The evolution of the thermal transmittance of building envelopes is also based on the thickness of the insulation. In the case of variable regime, a condition that corresponds more closely to reality, the effects of thermal inertia and the order in which the various layers are arranged cannot be ignored. In order for this development to be efficient and dynamic it is necessary, in fact, to consider other factors that influence and are influenced by thermal transmittance, such as:

- *the phase shift, indicates the delay in heat transmission (the difference in time between the time when the maximum temperature is recorded on the external surface of the structure and the time when the maximum temperature is recorded on its internal surface);*
- *attenuation, the parameter that represents the ratio between the variation in external temperature and the heat flow that needs to be administered inside to keep the internal temperature constant. In this sense it can be taken as "heat loss index" (or, better, consumption index);*
- *the thermal admittance Ymm (W/m²K), a complex number defined as the amplitude of the thermal flow through the surface of the component adjacent to the zone with respect to the amplitude of the temperature variation in the same zone, when the temperature on the other side is kept constant.*

Thermal transmittance is also used to control energy efficiency, to identify the energy performance of materials and components and represents one of the thermo-dynamic properties that characterizes the thermal inertia of the building envelope. However, its limits are not absolute values and have to be compared to the reference climatic context. To this end, with Law 10/91 and the subsequent decree 412/93, the division of the territory into climatic zones according to day degrees was introduced, intervening on the building as a whole and is based on the verification of three parameters: volumic dispersion coefficient, Cd limit (to date no longer valid), normalized

Negli ultimi anni il concetto di trasmittanza termica si è evoluto nella direzione della conservazione dell'energia attraverso una drastica riduzione dei valori soprattutto per l'involucro opaco (Zambelli et al., 2004).

La trasmissione del calore avviene attraverso un corpo quando esso è sottoposto ad una differenza di temperatura. L'energia si trasferisce dal punto a temperatura maggiore al punto a temperatura minore, secondo tre meccanismi fondamentali: conduzione, convezione e irraggiamento. Poichè l'analisi di questo fenomeno si riferisce a teorie complesse, per rendere più agevole lo sviluppo dei calcoli, si ipotizzano le condizioni di regime stazionario (flusso di calore costante nel tempo, e la trasmittanza U [W/(m²·K)] ne descrive il comportamento), una parete piana di estensione infinita, il materiale perfettamente omogeneo ed isotropo e le due facce esterne della parete sono considerate superfici isoterme.

L'evoluzione della trasmittanza termica degli involucri edilizi, inoltre, si basa anche in funzione dello spessore dell'isolante. Nel caso di regime variabile, condizione maggiormente corrispondente alle reali, non si può prescindere dagli effetti dell'inerzia termica e dall'ordine in cui sono disposti i vari strati.

Affinché questo sviluppo sia efficiente e dinamico è necessario, infatti, considerare anche altri fattori che influenzano e sono influenzati dalla trasmittanza termica, quali:

- lo *sfasamento*, indica il ritardo nella trasmissione del calore (la differenza di tempo fra l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie esterna della struttura, e l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna della stessa)[1];
- l'*attenuazione*, il parametro che rappresenta il rapporto tra la variazione di temperatura esterna e il flusso di calore che è necessario somministrare all'interno per mantenere costante la temperatura interna. In tal senso esso può essere assunto come "indice delle dispersioni termiche" (o, meglio, dei consumi);
- l'*ammettenza termica* Ymm (W/m²K), un numero complesso definito come l'ampiezza del flusso termico attraverso la superficie del componente adiacente alla zona rispetto all'ampiezza della variazione di temperatura nella stessa zona, quando la temperatura nell'altro lato è mantenuta costante.

La trasmittanza termica viene anche utilizzata per il controllo dell'efficienza energetica, per l'individuazione delle prestazioni energetiche di materiali e componenti e rappresenta una delle proprietà termo-dinamiche che caratterizza l'inerzia termica dell'involucro edilizio.

Tuttavia, i suoi limiti, non sono valori assoluti e vanno rapportati al contesto climatico di riferimento.

A tal fine, con la legge 10/91 e il successivo decreto 412/93[2], è stata intro-

1 Il valore ottimale dello sfasamento è di 12 ore; è importante averne uno di almeno 8 ore affinchè il calore entri all'interno dell'abitazione nelle ore notturne, per essere smaltito con il ricambio d'aria. Il valore dello sfasamento termico, spesso trascurato nella progettazione convenzionale, è certamente importante per determinare il comfort termico estivo e, come tale, ha importanti ripercussioni anche in termini di risparmio energetico.

2 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.

dotta la divisione del territorio in zone climatiche in funzione dei gradi giorno[3], intervenendo sull'edificio nel suo complesso e si articola sulla verifica di tre parametri: coefficiente di dispersione volumico, Cd limite (ad oggi non più valido), fabbisogno energetico normalizzato (FEN limite), rendimento di produzione medio stagionale (g η norm). Inoltre definisce le prime indicazioni per l'uso di fonti energetiche rinnovabilie e introduce il FEN come approccio all'indice di prestazione energetica di un edificio. A livello europeo, l'attenzione all'efficienza energetica degli edifici viene formulata per la prima volta con la Direttiva 2002/91 Energy Performance of Buildings Directive – EPBD (poi abrogata dalla Direttiva 2010/31), recepita dall'Italia con il D. Lgs. 192/2005, a sua volta integrato dal D. Lgs. 311/2006. Tale decreto propone una nuova metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici, determina i requisiti minimi e fornisce i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici. Esplica, inoltre, il concetto di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPi) differenziato per zone climatiche ed in funzione del fattore di forma dell'edificio definisce i limiti di trasmittanza termica. Con il D.M. 26 giugno 2009 nascono, così, le linee guida nazionali per la certificazione energetica, fino ad arrivare al D.Lgs. 28/2011, che attua la Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, che introduce, in alcuni casi, l'obbligo di utilizzo delle fonti rinnovabili e l'obbligo di riportare l'indice di prestazione energetica. Il Decreto Legge 63/2013 ha recepito la Direttiva 31/2010 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'Unione, relativa alla prestazione energetica nell'edilizia. Questo divenuto legge con l'emanazione della L. 90/2013 sopprime l'ACE (Attestato di Certificazione Energetica) e introduce l'APE (Attestato di Prestazione Energetica) conforme alla nuova Direttiva e amplia l'obbligo del rilascio dell'APE. Pertanto, l'indicatore di trasmittanza termica dinamica viene applicato attraverso metodi di analisi e valutazione, modelli e software a partire dall'introduzione dell'AQE (Attestato di Qualificazione Energetica), sostituito successivamente dall'ACE (Attestato di Certificazione Energetica), attuale APE.

Questo indicatore viene utilizzato anche in certificazioni volontarie, quali LCA, LEED, KLIMA, per valutare le prestazioni ambientali degli edifici e per sensibilizzare i progettisti, direzionandoli verso una progettazione attenta dal punto di vista energetico - ambientale. Questi sistemi di certificazione si sono sviluppati sia a livello internazionale, che nazionale, suscitando un grande interesse per sviluppare e promuovere l'edilizia sostenibile con particolare attenzione per il livello di sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici, anche considerando le relazioni tra organismo edilizio ed ambiente. La trasmittanza dei componenti viene calcolata facendo riferimento alla norma UNI EN ISO 6946:2008 ed è data

energy demand (FEN limit), average seasonal production yield (g η norm). It also defines the first indications for the use of renewable energy sources and introduces the FEN as an approach to the energy performance index of a building.

At European level, attention to the energy efficiency of buildings is formulated for the first time with Directive 2002/91 Energy Performance of Buildings Directive - EPBD (later repealed by Directive 2010/31), implemented by Italy with Legislative Decree 192/2005, in turn supplemented by Legislative Decree 311/2006. This decree proposes a new methodology for calculating the integrated energy performance of buildings determines the minimum requirements and provides the general criteria for the energy certification of buildings. It also expresses the concept of energy performance for winter air conditioning (EPi) differentiated by climate zones and according to the form factor of the building defines the limits of thermal transmittance. With the Ministerial Decree of 26 June 2009 the national guidelines for energy certification were born, up to Legislative Decree 28/2011, which implements Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, which introduces, in some cases, the obligation to use renewable sources and the obligation to report the energy performance index. Decree Law 63/2013 implemented Directive 31/2010 of the European Parliament and of the Council of the Union on the energy performance of buildings. This became law with the enactment of Law 90/2013 deletes the ACE Energy Certification Certificate and introduces the Energy Performance Certificate (APE) in compliance with the new Directive and extends the obligation to issue the APE. Therefore, the dynamic thermal transmittance indicator is applied through analysis and evaluation methods, models and software starting from the introduction of the Energy Performance Certificate (AQE), later replaced by the current APE. This indicator is also used in voluntary certifications, such as LCA, LEED, KLIMA, to evaluate the environmental performance of buildings and to raise the awareness of designers, directing them towards an energy - environmental careful design. These certification systems have developed both at international and national level, at arousing great interest in developing and promoting sustainable building with particular attention to the level of energy and environmental sustainability of buildings, also considering the relationship between the building body and the environment.

The transmittance of the components is calculated with reference to UNI EN ISO 6946:2008 and is given by the inverse of the total areic thermal resistance RT. The tables show some limit values of building elements towards the outside of buildings subjected to energy requalification.

3 La sommatoria delle differenze giornaliere tra la temperatura convenzionale ideale per l'ambiente riscaldato (20°C) e la temperatura media giornaliera esterna. L'Italia è divisa in 6 zone climatiche:
A. zona alpina, comuni con gradi-giorno non superiore a 600;
B. zona padana, comuni con gradi-giorno tra 601 e 900;
C. zona appenninica, comuni con gradi-giorno tra 901 e 1400;
D. zona adriatica settentrionale, comuni con gradi-giorno tra 1401 e 2100;
E. zona tirrenica, comuni con gradi-giorno tra 2101 e 3000;
F. zona sud-orientale e delle isole, comuni con gradi-giorno maggiori di 3000.

Describing the thermal performance of the building envelope using the single parameter of transmittance as an indicator is very reductive, as it assumes stationary energy considerations for which long-term averaged climate data are used. There is a risk of creating an envelope that is completely disconnected from its climatic context, which does not interact and dialogue with the surrounding environment, intrinsically modulating the complexity and unpredictability of the climate.

dall'inverso della resistenza termica areica totale RT. Nelle tabelle si riportano alcuni valori limite degli elementi edilizi verso l'esterno di edifici sottoposti a riqualificazione energetica.

Descrivere le prestazioni termiche dell'involucro edilizio utilizzando come indicatore il singolo parametro della trasmittanza risulta molto riduttivo, in quanto presuppone considerazioni energetiche in regime stazionario per le quali sono utilizzati dati climatici mediati su lunghi periodi. Si rischia di realizzare un involucro completamente slegato dal proprio contesto climatico, che non interagisce e dialoga con l'ambiente circostante, modulando intrinsecamente la complessità e l'imprevedibilità del clima.

Zona climatica	U (W/m^{2}K)	
	2015 [1]	2021 [2]
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tab. 1 - Trasmittanza termica Umax delle strutture opache verticali / *Thermal transmittance Umax of vertical opaque structures* (Source: Dlgs n.311 del 2006 Annex C. of Legislative Decree n.311 of 2006).

Zona climatica	U (W/m^{2}K)	
	2015 [1]	2021 [2]
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Tab. 2 - Trasmittanza termica Umax di coperture opache orizzontali / *Thermal transmittance Umax of horizontal opaque structures* (Source: Dlgs n.311 del 2006 Annex C. of Legislative Decree n.311 of 2006).

References

D.lgs 29 dicembre 2006, n. 311 *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005*, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

D.lgs 63/2013 *Decreto-Legge convertito con modificazioni dalla L. 3 agosto 2013*, n. 90 (in G.U. 03/08/2013, n. 181).

Decreto 26 giugno 2015. *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*.

Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

EPBD - Energy Performance of Buildings Directive n. 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

ISO 9050:2003. *Glass in building* - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors.

ISO DIS 10456.2 - *Materiali e prodotti per la costruzione*. Procedure per la determinazione dei dati termici dichiarati e di calcolo.

UNI EN ISO 10077-1:2018. *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti* - Calcolo della trasmittanza termica.

UNI EN ISO 6946:2018. *Componenti ed elementi per edilizia* - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo.

UNI/TS 11300-1:2008 - *Prestazioni energetiche degli edifici* - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

Zambelli, E. Imperadori, M. & Masera G. (2004) "Artificial programmable inertia for low-energy buildings: integrating phase change materials in building components", proceeding of the 32th IAHS World Congress on Housing, Trento.

Rapporto superficie opaca/trasparente
Opaque/Transparent Surface Ratio

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

La superficie opaca/superficie trasparente, rappresenta un insieme di indicatori che individuano parametri termo-fisici di materiali di superficie di un edificio, sia orizzontale che verticale, quali l'ammettenza, la riflettenza, la densità, il calore massico, lo spessore.

Al fine di misurare la sinergia di questi valori con il contesto si ha la necessità di incrociare i suddetti parametri con gli assetti di riferimento e verificare quanto il contesto incida sull'edificio e viceversa.

Pertanto anche questa famiglia di indicatori fa riferimento al concetto di bioclimatica in architettura al fine di analizzare e valutare l'efficienza energetica di un assetto urbano di riferimento.

In questi ultimi anni il settore energetico si trova in una fase di transizione, dove la consapevolezza dello squilibrio fra le risorse ambientali e la crescente richiesta energetica ha portato all'adozione di nuove politiche che promuovano la riduzione del consumo di fonti non rinnovabili.

L'efficienza energetica degli edifici è determinata prevalentemente dalle prestazioni dell'involucro, dal rendimento degli impianti, dall'uso di fonti energetiche rinnovabili, dai sistemi di controllo passivo del comfort estivo e invernale.

Tuttavia, la buona prestazione energetica degli edifici, non deve essere un punto di arrivo al quale tendere per documentare il rispetto di una norma, ma deve essere un punto di partenza, uno strumento strategico - gestionale in grado di supportare le scelte progettuali in vista di un miglioramento delle prestazioni energetiche complessive del sistema edilizio.

Il processo di coinvolgimento Europeo verso le tematiche del risparmio energetico ha inizio con l'emanazione della Direttiva Energy Performance of Buildings (EPBD) 2002/91/CE, che obbliga le singole nazioni a legiferare per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici. La suddetta Direttiva si inserisce nell'ambito delle iniziative della Comunità Europea sui cambiamenti climatici (impegni assunti con il protocollo di Kyoto) e sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico.

La consapevolezza delle crescenti problematiche energetiche porta l'International Energy Agency (IEA) ad approfondire una serie di scenari che riguardano lo sviluppo energetico a livello internazionale, con obiettivi fissati al 2030 e al 2050, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia, anche sotto il profilo dei costi.

Ad oggi, risulta importante considerare il rapporto superficie opaca/superficie trasparente. Infatti, le proprietà dei materiali che costituiscono l'involucro di un

The opaque/transparent surface represents a set of indicators that identify thermo-physical parameters of building surface materials, both horizontal and vertical, such as admittance, reflectivity, density, mass heat, thickness.

In order to measure the synergy of these values with the context, it is necessary to cross-reference these parameters with the reference structures, verify how much the context affects the building, and vice versa. Therefore, this family of indicators also refers to the concept of bioclimatic in architecture in order to analyse and evaluate the energy efficiency of a reference urban layout. In recent years, the energy sector is in a transitional phase and awareness of the imbalance between environmental resources and the growing energy demand has led to the adoption of new policies that promote the reduction of the consumption of non-renewable sources. The energy efficiency of buildings is mainly determined by the performance of the envelope, of the systems, the use of renewable energy sources, passive control systems for summer and winter comfort. However, the good energy performance of buildings isn't a point of arrival to which to strive to document compliance with a standard, but it is a starting point, a strategic-management tool capable of supporting design choices with a view to improving the overall energy performance of the building system. The process of European involving in energy saving starts with the issuing of the EPBD (Energy Performance of Buildings) Directive n. 2002/91/CE which obliges individual nations to legislate for the improvement of the energy performance of buildings. This Directive is part of the European Community's initiatives on climate change and on security of energy supply. The awareness of growing energy issues leads the International Energy Agency to investigate a number of scenarios concerning energy development at international level with targets set for 2030 and 2050, taking into account local and outdoor climate conditions, as well as indoor climate and cost-effectiveness requirements. Now, it is important to consider the opaque/transparent surface ratio. In fact, the properties of the materials that make up the envelope of a building, and therefore the surface, vary considerably with

respect to the type of the surface itself, opaque or transparent, because the transmission of heat, the incidence of sunlight, the reflectivity. In order to assess the energy needs of a building, it is necessary to know the outdoor climatic conditions related to the location of building. The Italian regulations in force provide the main climatic parameters that influence the energy behaviour of the building, as the design values necessary for the design of the thermal systems. Among these, UNI 103491 provides:

- *Daily average outdoor temperature values for capitals[1];*
- *Monthly average global solar irradiance values derived by monthly average values of direct and diffuse solar radiation;*
- *Values of the relative vapour pressure of the capitals, from which it is possible to obtain the specific and relative humidity of the various Italian municipalities;*
- *Wind speed values[2].*

The building envelope, made up as a whole of opaque and transparent parts, delimits the air-conditioned space of the building from the external environment. The knowledge of the geometrical and thermophysical characteristics of the envelope is essential for the evaluation of thermal exchanges between the building and the environment and represents one of the main aspects on which to intervene to limit heat loss and increase energy efficiency. The main parameters that characterize the envelope and that should be taken into account include data related to the geometry and exposure data of the building and thermophysical characteristics of the building.

Geometry and exposure data of the building

- *Geometrical/dimensional characteristics of the building*
- *Guidance and display of all building envelope components*
- *Gross volume and net volume of the air-conditioned space;*
- *Useful surface area of the air-conditioned space, surfaces of all building envelope and structure components;*
- *Geometrical characteristics of all external elements shading the transparent components of the building envelope.*

Data related to thermophysical characteristics of building

- *Thermal transmittance of building envelope components;*
- *Thermal capacity of building envelope components;*
- *Solar energy transmittance of transparent components;*
- *Linear transmission coefficients of thermal bridges.*
- *Solar absorption factors of opaque components;*

1 For locations not included, is possible to calculate a correct temperature consifidering the different site and altitude, compared to the capital.

2 This is a limitation only applies to energy certification; for an energy audit, can be used stationary calculation.

edificio, e quindi la superficie, variano sensibilmente rispetto alla tipologia della superficie stessa, opaca o trasparente, poiché differente risulta essere la trasmissione di calore, l'incidenza solare, la riflettenza.

Per valutare il fabbisogno energetico di un edificio è necessario conoscere le condizioni climatiche esterne relative alla località in cui l'edificio si trova. Le normative italiane vigenti forniscono i principali parametri climatici, che influenzano il comportamento energetico dell'edificio, nonché i valori di progetto necessari per la progettazione degli impianti termici. Tra queste, in particolare la UNI 103491 fornisce:

- I valori di temperatura esterna media giornaliera per i capoluoghi di provincia[1];
- I valori di irradianza solare globale media mensile ricavati dai valori medi mensili di irraggiamento solare diretto e diffuso
- I valori della Pressione di vapore relativi capoluoghi di provincia, dai quali è possibile ricavare l'Umidità specifica e relativa dei diversi comuni italiani
- I valori della velocità del vento[2].

L'involucro edilizio, costituito nel suo insieme da parti opache e trasparenti, delimita lo spazio climatizzato dell'edificio dall'ambiente esterno.

La conoscenza delle caratteristiche geometriche e termofisiche dell'involucro è quindi essenziale per la valutazione degli scambi termici tra edificio e ambiente, e rappresenta, in genere, uno dei principali aspetti su cui intervenire per limitare le dispersioni termiche e incrementare l'efficienza energetica.

I principali parametri che caratterizzano l'involucro e che andranno presi in considerazione includono dati relativi alle geometria e all'esposizione dell'edificio e dati relativi alle caratteristiche termo–fisiche dell'edifici.

Dati relativi alle geometria e all'esposizione dell'edificio

- Caratteristiche geometrico/dimensionali dell'edificio
- Orientamenti ed esposizione di tutti i componenti dell'involucro edilizio
- Volume lordo e volume netto dell'ambiente climatizzato;
- Superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato, superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia;
- Caratteristiche geometriche di tutti gli elementi esterni (altri edifici, aggetti, etc.) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio.

Dati relativi alle caratteristiche termo-fisiche dell'edificio

- Trasmittanza termica dei componenti dell'involucro edilizio;
- Capacità termica dei componenti della struttura;
- Trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti;
- Coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici.
- Fattori di assorbimento solare delle superfici esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio;
- Emissività delle superfici esterne dei componenti dell'involucro edilizio;
- Fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti

1 Per le località non comprese è possibile calcolare una temperatura corretta che tenga conto della diversa localizzazione ed altitudine, rispetto al capoluogo.

2 Questo è un vincolo che vale solo per la certificazione energetica; nel caso di una diagnosi energetica sono utilizzabili per un calcolo in stazionario.

trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili.

Nello specifico l'indicatore della radiazione solare interviene in due modi negli scambi di energia che coinvolgono i componenti di involucro esterno dell'edificio in relazione al tipo di superficie.

Da un lato attraversa le superfici, generalmente vetrate, entrando direttamente negli ambienti, dall'altro, per irraggiamento, colpisce le superfici che assorbono la radiazione solare aumentandone la temperatura, superfici opache.

La radiazione solare che colpisce una superficie opaca, in funzione delle caratteristiche di finitura superficiale, viene in parte riflessa e in parte assorbita. La quota assorbita provoca un incremento della temperatura della superficie esterna, il cui effetto può essere considerato facendo riferimento ad una temperatura fittizia dell'aria esterna

Il controllo degli apporti solari attraverso le chiusure opache risulta, pertanto, necessario ai fini della riduzione del carico termico estivo; in particolare, ai nostri climi, esso deve essere previsto per le chiusure superiori (coperture inclinate o piane), rispetto a quelle verticali, a causa della maggior incidenza della radiazione solare nei periodi caldi.

Alcune modalità per il controllo solare, possono essere: un'adeguata progettazione delle superfici e spazi esterni finalizzata a contenere l'aumento della temperatura dell'aria e delle temperature radianti delle superfici urbane; l'analisi dei periodi di soleggiamento; la dimensione e la forma delle superfici di involucro.

Gli effetti della radiazione solare invece che attraversa le chiusure esterne trasparenti sono più evidenti rispetto a quelle opache: i problemi relativi al comfort e ai consumi energetici per il raffrescamento sono più rilevanti, ma nel contempo, sono più consistenti gli apporti gratuiti che possono essere sfruttati nel periodo invernale.

L'energia solare che incide su una superficie trasparente si suddivide in tre parti, in funzione delle proprietà ottico - solari del componente: energia trasmessa direttamente, riflessa e assorbita.

Quest' ultima viene riemessa sotto forma di calore, in parte all' interno e in parte all'esterno dell'ambiente.

Da un punto di vista termico, la quota di radiazione solare che attraversa il componente trasparente viene da parte delle superfici interne colpite in parte assorbita ed in parte riflessa; il riscaldamento di tali superfici determina un successivo innalzamento della temperatura dell'aria all' interno dell'ambiente, secondo uno sfasamento temporale legato alle caratteristiche della struttura.

La funzione di controllo solare attraverso le chiusure esterne trasparenti interessa, quindi, la quantità di radiazione incidente, la conseguente quota trasmessa e quella assorbita ed accumulata dalle superfici all' interno.

In fase di progetto, i parametri coinvolti - sui quali occorre intervenire attraverso una scelta accurata - sono da un punto di vista geometrico: l'area della chiusura esterna trasparente; l'esposizione alla radiazione solare, cioè l'inclinazione e l'orientamento; la posizione rispetto l'ambiente interno, ossia la collocazione in pianta e l'altezza dal pavimento.

Secondo le proprietà termofisiche e ottico–solari invece: la trasparenza alla radiazione, alle varie lunghezze d'onda, espressa dai fattori di trasmissione solare e di trasmissione luminosa, anche in relazione all' impatto visivo e all' integrazione architettonica; la resistenza termica del componente trasparente e del rela-

- *Emissivity of external surfaces of building envelope;*
- *Factors for reducing the total solar energy transmittance of transparent components in the presence of mobile shading.*

Specifically, the solar radiation indicator set in two ways in the energy exchanges involving the external envelope in relation to the type of surface. One, it crosses the surfaces, usually glazed, entering directly into the internal spaces, on the other one, by radiation, it impacts the surfaces that absorb the solar radiation increasing the temperature, opaque surfaces. The solar radiation on opaque surface, depending on the finish characteristics, is partly reflected and partly absorbed. The absorbed portion causes an increase in the temperature of the external surface, the effect of which can be considered with reference to a dummy outside air temperature. The control of solar contributions through opaque envelope is necessary for the reduction of the summer thermal load; in particular, in our climates, it has to be provided for the upper envelopes (inclined or flat roofs), compared to the vertical, due to the greater incidence of solar radiation in hot periods. Some ways of solar control can be an adequate design of outdoor surfaces and spaces to contain the increase in air temperature and radiant temperatures of urban surfaces; the analysis of periods of sunshine; the size and shape of envelope surfaces. The effects of solar radiation of passing through transparent external closures are more evident than opaque ones: the problems related to comfort and energy consumption for cooling are more relevant, but at the same time, the free contributions that can be exploited in winter are more consistent. The solar energy that affects a transparent surface is divided into three parts, according to the optical-solar properties of the component: directly transmitted, reflected and absorbed energy. The latter is re-emitted in the form of heat, partly inside and partly outside the environment. From a thermal point of view, the amount of solar radiation passing through the transparent component is partly absorbed and partly reflected by the internal surfaces affected; the heating of these surfaces causes a subsequent increase in inside air temperature, according to a time lag related to the characteristics of the structure. The solar control function through the transparent external envelope affects, therefore, the amount of incident radiation, the resulting amount transmitted and that absorbed and accumulated by the surfaces inside.

During the design phase, the parameters involved, on which it is necessary to intervene through an accurate choice, are from a geometric point of view: the area of the external transparent envelope; the exposure to solar radiation, i.e. the inclination and orientation; the position with respect to the internal environment, i.e. the location in plan and the height from the floor.

In according to the thermophysical and optical-solar pro-

perties instead: the transparency to radiation, at various wavelengths, expressed by solar and light transmission factors, also in relation to visual impact and architectural integration; the thermal resistance of the transparent component and its frame; the characteristics of absorption and accumulation of sunny interior surfaces; the type and characteristics of the shading, as geometry and technology, management, material and finish, also in relation to visual impact and architectural and technological integration. As far as the calculation of the energy requirements of these surfaces is concerned, it is important to consider the dispersing surface S for the calculation of the form factor S/V, taking into account both the orientations, the neighbouring environments (external, heated and not) and the horizontal elements (foundations, floors and roofing). However, it is important to identify the type of external envelope and the materials used. For the measurability of the indicator, is necessary to consider:

- *artificiality, greater is that, greater is the artificiality of the building's response;*
- *% of opaque and transparent surface, identifying the material and the quantitaty;*
- *material density with associated mass heat.*

Through the crossing of the above-mentioned quantitative factors, it is possible to identify how much the context affects the building in relation to the typology of the urban layout, which refers to it.

tivo telaio; le caratteristiche di assorbimento e di accumulo delle superfici interne soleggiate, legate all' utilizzo di schermi; la tipologia e le caratteristiche delle schermature, quali la geometria e la tecnologia, il tipo di gestione, il materiale e la finitura, anche in relazione all' impatto visivo e all' integrazione architettonica e tecnologica.

Per quanto riguarda invece il calcolo del fabbisogno energetico di tali superfici, risulta importante considerare la superficie disperdente S per il calcolo del rapporto di forma S/V, considerando sia gli orientamenti, gli ambienti confinanti (esterni, riscaldati e non), sia gli elementi orizzontali (fondazioni, solai e copertura). Tuttavia risulta importante individuare la tipologia di chiusura esterna e i materiali utilizzati.

Ai fini della misurabilità della superficie opaca sulla superficie trasparente è necessario considerare i seguenti fattori:

- artificialità, maggiore è l'artificialità del materiale, maggiore sarà l'artificialità di risposta dell'edificio;
- % di superficie opaca e trasparente, andando ad individuare la natura materica e le misure quantitative di altezza, larghezza e spessore;
- densità materica con annesso calore massico.

Attraverso l'incrocio dei suddetti fattori quantitativi è possibile individuare quanto il contesto incida sull'edificio in relazione alla tipologia dell'assetto urbano al quale si riferisce.

References

City Resilience Index (2015), *The Rockefeller Foundation*, Arup.

EPBD Energy Performance of Buildings Directive n. 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

IEA (2019), *World Energy Outlook 2019*, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019.

Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), *Fifth Assessment Report* (IPCC AR5), available at: http://www.ipcc.ch/report/ar5.

RAEE 2017, *Rapporto Annuale Efficienza Energetica,* ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile;

Schmidt Di Friedberg, P. (1984), "Gli indicatori ambientali: Valori, metri e strumenti nello studio dell'impatto ambientale", proceedings of convegno di Milano, 29-30 maggio 1984, Franco Angeli, Milano.

UNI 103491 - *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici*

Interfaccia edificio - spazio aperto
Building - Open Space Interface

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Morfologia urbana, materiali, tecnologie, clima costituiscono gli elementi di un sistema interattivo che influisce sullo stato dinamico che caratterizza il topoclima della città.

Nello specifico l'interfaccia edificio/spazio aperto, rappresenta un insieme di indicatori che possono essere ricondotti ad un approccio bioclimatico alla progettazione. Il concetto di architettura bioclimatica si attribuisce ad un progetto che considera il clima come una variabile importante nel processo progettuale.

Il "processo di progettazione bioclimatica per l'architettura" nasce negli USA negli anni '50, ad opera dei fratelli Olgyay (Olgyay, 1973) che, applicando il metodo scientifico alla progettazione, impongono l'analisi delle ricerche svolte dai climatologi. Si struttura negli anni '60 incorporando gli apporti del regionalismo e dell'architettura organica, e si diffonde negli anni '70, con la crisi energetica.

Da circa una quarantina d'anni con il termine architettura bioclimatica si intende un'architettura che sfrutta come risorsa le caratteristiche morfologiche ed il clima del luogo; impiega prioritariamente i materiali locali e, per il proprio funzionamento, utilizza le fonti energetiche rinnovabili locali quali la radiazione solare, venti, vegetazione, corsi d'acqua.

L'approccio bioclimatico alla progettazione implica uno studio approfondito di tutti i "fattori" ambientali, quali:

- il clima, con la radiazione solare, la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, il movimento dell'aria (venti dominanti, brezze), le precipitazioni (che influiscono su temperatura, umidità e vegetazione), il "suono", la luminanza della volta celeste (nuvolosità/ cielo sereno, radiazione diffusa);
- le caratteristiche geografiche del sito, con l'altezza sul livello del mare, la relazione tra massa di terra e acqua (presenza di laghi, mare, ecc.);
- le caratteristiche topografiche, con l'esposizione, la morfologia del terreno, la clivometria, l'altitudine, l'orientamento dei pendii;
- le caratteristiche biologiche, con la fauna e la vegetazione locale.
- In sintesi l'approccio bioclimatico alla progettazione "impone":
- uno studio approfondito di tutti i fattori climatici;
- un'identificazione della complessità del sito, per progettare un edificio energeticamente consapevole e che garantisca il benessere dei suoi abitanti.

Le scelte progettuali sono fortemente condizionate dalle singole caratteristiche di questi parametri, nonché dall'ambiente risultante dalle loro combinazioni.

Uno degli obiettivi finali della progettazione bioclimatica degli edifici è ottenere condizioni naturali di comfort termico. Si tratta, quindi, di un processo dinamico perché il clima varia anche con una minima distanza.

Urban morphology, materials, technologies, climate are the elements of an interactive system that affects the dynamic state that characterizes the topoclimate of the city. Specifically the building/open space interface represents a set of indicators that can be traced back to a bioclimatic approach to design. The concept of bioclimatic architecture is attributed to a project that considers the climate as an important variable in the design process. The "bioclimatic design process for architecture" was born in the USA in the 1950s, by the Olgyay brothers who, applying the scientific method to design imposed the analysis of the research carried out by climatologists. It was structured in the 60s incorporating the contributions of regionalism and organic architecture, and spread in the 70s with the energy crisis. Since about forty years (Olgyay, 1973) bioclimatic architecture means architecture that exploits the morphological characteristics and climate of the place as a resource, uses local materials as a priority and for its operation, local renewable energy sources. The bioclimatic approach to design implies an accurate study of all environmental "factors", such as:

- *The climate: solar radiation, air temperature, relative humidity, movement of air, precipitation,...*
- *The geographical characteristics of the site, with height above sea level, the relation between land and water.*
- *Topographical characteristics, with the exposition, the soil morphology, the clivometry, the altitude, the slope orientation.*
- *The biological characteristics, fauna and local vegetation.*

In summary, the bioclimatic approach to design "imposes" an accurate study of all climatic factors and an identification of the complexity of site, in order to design an energy-conscious building that guarantees the well-being of its inhabitants.

The design choices are strongly influenced by the individual characteristics of these parameters, as well as the environment resulting from their combinations. One of the final goals of bioclimatic building design is to achieve natural conditions of thermal comfort. This is a dynamic process because the climate varies even with a minimum distance. Therefore, climate

variables have to be taken into account because they directly influence thermal comfort and design choices. The bioclimatic graph of Olgyay was one of the first attempts at environmentally friendly building design. It was developed in the 1950s to incorporate the outdoor climate into building design. It shows the human comfort zones in relation to temperature and humidity, radiant temperature (MRT), wind speed, solar radiation and evaporative cooling. On the graph, the dry bulb temperature is the order and the relative humidity is the abscissa. The comfort zone is in the middle, with the winter and summer ranges shown separately. The lower limit of the zone is also the limit above which shading is required. At temperatures above the comfort limit the wind speed required to restore comfort is in relation to humidity. Where the ambient conditions are hot and dry is required for comfort the evaporative cooling (CE). Variation in the position of the comfort zone with radiant average is also indicated the temperature (MRT). However, the bioclimatic chart of Olgyay doesn't consider the building envelope; in fact, this is effective when the internal and external air temperatures are not very different; on the contrary, for hot and dry climates. Therefore, this concept has evolved with the Givoni diagram, which considers the internal air temperature, ventilation, mass (thermal inertia) direct and indirect cooling. From the concept of bioclimatic architecture derives, the need to define the urban geo-topological-morphological structures by the shape and articulation of the buildings and highlighting the mutual arrangement of the buildings and their relationship with the surrounding elements. It is on the basis of the typology of the geo-topological-morphological structure and the relation between the building and its surroundings that different climatic conditions are identified that lead to different needs; just think that already in 1905 with Antonio Pedrini who published "The modern city began to talk about exposure, orientation of buildings and building types". Orientation, in fact, is a determining factor for the action of the sun and the winds. An urban area, in fact, unlike a rural area, has a high density and concentration of activities that lead to the development of the UHI phenomenon through the interaction between the geometry of urban space and incident radiation. It's refers to some important factors during the design phase, such as the context, the orientation and the form of a building.

The local climate context and the "position" of the sun is very important. In winter, in fact, there is the need to heat the buildings, so the most used strategy is to capture the available solar radiation; in summer, instead, it is necessary to minimize the solar gain because the excess heat goes to attack the internal comfort of the building and the need to use cooling systems. The correct orientation and intelligent layout of the premises

Bisogna allora tenere conto delle variabili climatiche poiché influenzano direttam ente il comfort termico e le scelte progettuali.

Il grafico bioclimatico di Olgyay fu uno dei primi tentativi di un progettazione edilizia rispettosa dell'ambiente. Fu sviluppato negli anni 1950 a incorporato il clima esterno nella progettazione degli edifici.

Il grafico indica le zone di comfort umano in relazione alla temperatura e all'umidità dell'ambiente, temperatura raggiante (MRT), velocità del vento, radiazione solare e raffreddamento evaporativo.

Sul grafico, la temperatura a bulbo secco è l'ordinata e l'umidità relativa è l'ascissa. La zona di comfort è al centro, con le gamme invernali ed estive segnalate separatamente (tenendo conto dell'adattamento stagionale). Il limite inferiore della zona è anche il limite al di sopra del quale è necessaria l'ombreggiatura. A temperature superiori al limite di comfort il la velocità del vento richiesta per ripristinare il comfort è in relazione all'umidità. Dove le condizioni ambientali sono calde e secche, è necessario per il comfort il raffreddamento per evaporazione (CE). La Variazione nella posizione della zona di comfort con media radiante viene anche indicata la temperatura (MRT).

Tuttavia, la *bioclimatic chart* di Olgyay non considera l'involucro edilizio. Infatti questo risulta essere efficace quando la temperatura d'aria interna ed esterna non sono molto differenti, e quindi per i climi umidi; al contrario, per climi caldi e secchi.

Pertanto questo concetto si è evoluto con il diagramma di Givoni, il quale considera la temperatura dell'aria interna, la ventilazione diurna, la massa (inerzia termica) e il raffrescamento diretto e indiretto.

Dal concetto di architettura bioclimatica nasce, quindi, la necessità di definire gli assetti geo topo-morfologici urbani definendo forma e articolazione dei manufatti, ed evidenziando la disposizione reciproca degli edifici e la loro relazione con gli elementi di contorno.

È proprio in base alla tipologia dell'assetto geo topo-morfologico ed al rapporto tra edificio e contesto limitrofo, infatti, che si individuano diverse condizioni climatiche che portano ad esigenze differenti; basti pensare che già nel 1905 con Antonio Pedrini che pubblica "La città moderna" si inizia a parlare di esposizione, orientamento degli edifici e di tipologie edilizie (Pedrini, 1905).

L'orientamento, infatti, è un fattore determinante per l'azione del sole e dei venti. Un'area urbana, infatti, a differenza di un'area rurale, ha un'elevata densità e concentrazione di attività che portano a sviluppare il fenomeno dell'UHI attra-

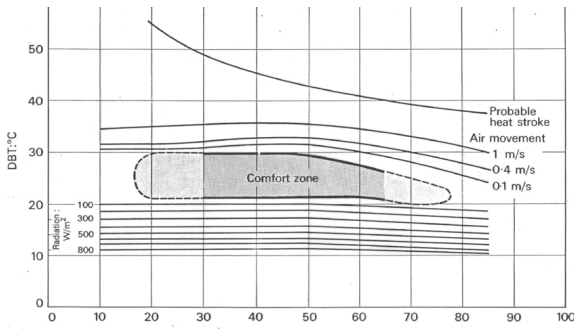


Fig. 1 - Comfort zone / *Comfort zone* (Source: Olgyay, 1973).

verso l'interazione tra la geometria dello spazio urbano e la radiazione incidente.

Risulta quasi naturale in fase di progettazione far riferimento a due importanti fattori: il contesto e l'orientamento di un edificio e la forma di un edificio.

Il contesto climatico locale e la "posizione" del sole durante tutto l'anno è di grande rilievo. In inverno, infatti, vi è la necessità di riscaldare gli edifici, perciò la strategia più utilizzata è quella di catturare la radiazione solare disponibile; in estate, invece, è necessario ridurre al minimo il guadagno solare poiché l'eccesso di calore va ad attaccare il comfort interno dell'edificio e la necessità di utilizzare impianti di raffrescamento.

L'orientamento corretto, e una disposizione intelligente dei locali può offrire garanzie di benessere per tutte le stagioni, senza necessariamente eccedere nel bisogno di soluzioni meccaniche energeticamente dispendiose.

Bisogna, quindi, scegliere con attenzione l'orientamento di un edificio per poter ridurre il più possibile il fabbisogno di energia dell'edificio.

La forma dell'edificio ha una grande influenza sul trasferimento del calore, infatti, maggiore è la superficie che circonda il volume, maggiore risulta essere la dispersione.

La forma o la tipologia generale degli edifici viene definita da tutti i componenti dell'involucro edilizio che separano gli spazi chiusi dall'ambiente esterno. Al crescere della superficie esposta crescono le dispersioni di energia verso l'esterno in inverno e i guadagni termici indesiderati in estate. All'aumentare del volume aumentano, invece, la massa e l'energia che essa può accumulare, contribuendo a smorzare le oscillazioni termiche.

Un parametro che quindi descrive importanti caratteristiche termiche dell'edificio e il rapporto superficie disperdente/volume controllato o comunemente detto "rapporto S/V"[1]. Tale rapporto S/V, incide molto sul fabbisogno energetico; tanto più piccola è la superficie di una casa, tanto meno energia si disperderà attraverso l'involucro. Conferendo all'edificio una forma compatta, infatti, si risparmia sia energia che materiale termoisolante.

Tuttavia bisogna stare attenti perché la compattezza dell'edificio porta con sé problematiche relative all'illuminazione, poiché la superficie della facciata offre meno spazio per gli inserimenti di aperture. Uno dei primi esempi di applicazione dell'approccio bioclimatico e, in particolare degli indicatori riguardanti la morfologia interfaccia edificio/spazio aperto, vengono da Gropius e Olgyay attraverso gli studi sul soleggiamento degli edifici in funzione dell'altezza degli edifici e della densità edilizia, che traducevano la lettura di un contesto in microclimatica.

La progettazione volta al risparmio energetico e alla sostenibilità quindi deve essere una progettazione attenta alle condizioni al contorno e capace di "sfruttare" le risorse che l'ambiente offre. Il risultato finale di tale atteggiamento è necessariamente un'architettura fortemente connotata rispetto al contesto, per forma, tipologia, uso di materiali. Ciò non significa che debba essere necessariamente un'architettura tradizionalista o vernacolare, in quanto le soluzioni morfologiche e tipologiche, e quelle tecnico - costruttive subiscono un'evoluzione nel tempo in relazione all'emergere di nuovi bisogni e all'introduzione di nuovi materiali e

1 Per le località non comprese è possibile calcolare una temperatura corretta che tenga conto della diversa localizzazione ed altitudine, rispetto al capoluogo.

can offer guarantees of wellness for all seasons, without necessarily exceeding the need for energy-efficient mechanical solutions. Therefore, the orientation of a building have to be carefully chosen in order to reduce the building's energy requirements as much as possible.

The form of the building has a great influence on heat transfer, in fact, the greater the surface area surrounding the volume, the greater the dispersion. The shape or general typology of buildings is defined by all the components of the building envelope that separate the enclosed spaces from the external environment. As the exposed surface area increases, energy losses to the outside increase in winter and unwanted heat gains in summer. As the volume increases, on the other hand, the mass and energy that it can accumulate increases, helping to dampen temperature fluctuations. A parameter that therefore describes important thermal characteristics of the building and the ratio of dispersing surface to controlled volume or commonly known as the "factor form S/V "[1]. This relation has a big impact on the energy demand; smaller the surface area of a house is, less energy will be dispersed through the envelope . Giving the building a compact shape, in fact, both energy and thermal insulation material are saved. However, needs to be attention paid to the fact that the compactness of the building brings with it lighting problems, as the surface of the façade offers less space for inserting windows. One of the first examples of application of the bioclimatic approach and, in particular, of indicators concerning the morphology of the building/open space interface, as Gropius and Olgyay studies on the sunshine of buildings according to their height and building density, which translated the reading of a context into microclimate as shown in the following figures. The design aimed at energy saving and sustainability has to be a design attentive to the boundary conditions and able to "use" the resources that the environment offers. The result of this attitude is necessarily an architecture that is strongly connoted with respect to the context, in terms of shape, type and use of materials. This doesn't mean that it has to be necessarily a traditionalist or vernacular architecture, as morphological and typological solutions and technical-constructive solutions evolve over time in relation to the emergence of new needs and the introduction of new materials and new building systems. As regards the measurement of these indicators, with the awareness that it is not only the building envelope that influences the internal climatic conditions, but it is from interaction with the other building elements, with the spaces

1 For locations not included, is possible to calculate a correct temperature that takes into account the different location and altitude, compared to the capital.

behind it and with the active and passive heating or cooling systems that the energy behaviour of a building is determined. Many research centres, universities and important industries have equipped themselves with test buildings, characterized by flexibility in plan and elevation, in which prototypes (on scale) are inserted, whose performance in use is monitored for a predetermined period of time. The peculiarity of these test-rooms is that, in addition to traditional parameters, the dynamic energy performance of the element and the level of environmental comfort of the indoor space are monitored and evaluated in relation to the external climatic conditions. The need to simulate that derives from the awareness who in order to understand what kind of transformations could be produced, it is necessary to know and monitor the elements that make up the context and the relationships between them through the identification of reliable and shared parameters and indicators and to feed effective predictive simulation models. The most visible elements of global climate change are extreme weather events, as floods, tornadoes, heat islands, extreme droughts.

Due to the complexity of the phenomena and the unpredictable effects of climate change this can represent a limit in the evaluation of the phenomena that can be found through the indicators.

nuovi sistemi di edificazione.

Per quando riguarda la misurazione degli indicatori su citati, con la consapevolezza che non è solo l'involucro edilizio a influenzare le condizioni climatiche interne, ma è dalla sua interazione con gli altri elementi costruttivi, con gli spazi retrostanti e con i sistemi attivi e passivi di riscaldamento o raffrescamento che si determina il comportamento energetico di un edificio, numerosi centri di ricerca, università e alcune tra le più importanti industrie produttrici di sistemi di involucro innovativi si sono dotate di edifici-test, caratterizzati da una grande flessibilità in pianta e in alzato, in cui sono inseriti prototipi in scala, le cui prestazioni in uso vengono monitorate per un periodo di tempo prestabilito.

La particolarità di tali test-rooms è che, oltre ai parametri tradizionali quali stabilità, resistenza alle sollecitazioni esterne di tipo ordinario e straordinario, durabilità, vengono monitorati e valutati, in relazione alle condizioni climatiche esterne, anche le prestazioni energetiche dinamiche dell'elemento oggetto di analisi ed il livello di comfort ambientale dello spazio interno.

La necessità di simulare tali scenari nasce dalla consapevolezza che per comprendere che tipo di trasformazioni si potrebbero produrre occorre conoscere e monitorare gli elementi che compongono il contesto e le relazioni che tra questi si producono attraverso l'individuazione di parametri e indicatori affidabili e condivisi e alimentare modelli efficaci di simulazione predittiva.

Gli elementi più visibili del cambiamento climatico globale sono gli eventi meteorologici estremi, come alluvioni, inondazioni, tornado, isole di calore, siccità estreme.

In virtù della complessità dei fenomeni e degli effetti imprevedibili del climate change questo può rappresentare un limite nella valutazione dei fenomeni riscontrabili attraverso gli indicatori.

References

Lucarelli, M. T. (2018), "Verso una nuova centralità ecologica dell'ambiente costruito", *Eco web town*, n. 11/18, pp. 7-12.

Milardi M, Musarella, C. (2019), "Smart envelope and climate context", proceeding of SBE19 Milan, IOP Publishing Ltd, London, UK, vol. 296.

Olgyay, V. (1973), *Progettare con il clima*, Muzzio, Padova.

Pedrini, A. (1905), *La città moderna*, Hoepli, Milano, digitalizzato nel 2007.

RAEE 2017, *Rapporto Annuale Efficienza Energetica*, ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Romeo Di Pietro, *Sapienza Università di Roma*
Duilio Iamonico, *Sapienza Università di Roma*
Sandro Strumia, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

L'impiego del Telerilevamento nelle attività di monitoraggio del territorio e in particolare della copertura vegetale, ha consentito, soprattutto negli ultimi decenni, di ottenere dati e informazioni molto interessanti per l'analisi quantitativa di fenomeni (quali ad esempio l'Isola Urbana di Calore o le Ondate anomale di Calore) dipendenti, direttamente o meno, dai Cambiamenti Climatici globali. Tali cambiamenti incrementano la vulnerabilità delle città riducendone la resilienza (Chiesa & Palme, 2018) e mettendo a rischio salute e benessere dei cittadini (Colanino et al., 2018).

Nell'ambito delle trasformazioni multispettrali, sono stati proposti numerosi indici di Telerilevamento, utili ad evidenziare, a seconda delle finalità, gli oggetti della ricerca (Gomarasca et al., 2001). Tra essi, molto utilizzati sono gli Indici di vegetazione che permettono di rilevare la presenza di aree vegetate e si basano sul comportamento spettrale della vegetazione, la cui tipica firma spettrale evidenzia una elevata tendenza al riflettere la luce nel verde e nell'infrarosso e una ridotta ri-

In the last decades the use of Remote Sensing in the monitoring of the territory and, in particular, of the vegetation cover, has allowed to obtain very interesting data and information as regards quantitative analysis of phenomena, such as Urban Heat Island, Heat Waves (etc.) which are known to be directly or indirectly dependent on the global Climate Change issue. These phenomena increase the vulnerability of cities by reducing their resilience (Chiesa & Palme, 2018), are highly energy consuming and endanger citizens' health (Colanino et al., 2018).

In the context of multispectral transformations, numerous remote sensing indices were proposed (Gomarasca et al. 2001). Among these, the indices concerning vegetation are widely used since they allow to identify the occurrence of green areas on the basis of the spectral response of the vegetation, whose typical

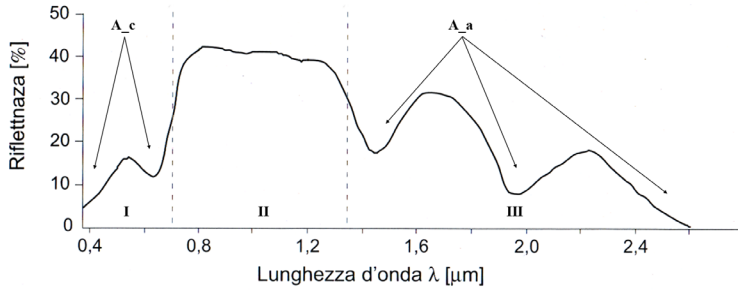


Fig.1 - Riflettanza della vegetazione al variare delle lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico (modificato da Gomarasca, 2004). A_c: Assorbimento della clorofilla; A_a: Assorbimento dell'acqua; I: zona di riflessione della luce (visibile) da parte dei pigmenti fogliari; II: zona di riflessione della luce (infrarosso vicino) in relazione alla struttura fogliare; III: zona di riflessione della luce (infrarosso medio-lontano) in relazione al contenuto di acqua / *Vegetation reflectance response to wavelengths variation (after Gomarasca, 2004, modified). A_c: Absorption of chlorophyll; A_a: Water absorption; I: zone of reflection of the light (visible) by the leaf pigments; II: light reflection zone (near infrared) related to leaf structure; III: light reflection zone (medium-far infrared) related to water content.*

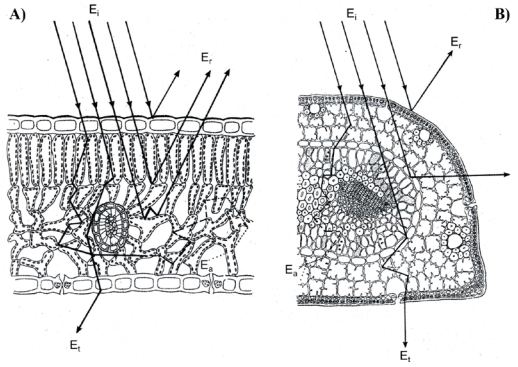


Fig. 2 - Sezioni trasversali di foglie (A: latifoglie; B: conifere) e loro comportamento rispetto la luce (modificato da Gomarasca, 2004). Ei: Energia incidente; Er: Energia riflessa; Et: Energia trasmessa / *Leaves Cross sections (A: broad-leaved trees; B: conifers) and their response to light variation (modified from Gomarasca, 2004). Ei: Incident energy; Er: Reflected energy; Et: Energy transmitted.*

spectral signature highlights a high tendency to reflect light in green wave-length and infrared and a reduced reflectance in the blue and red ones (Fig. 1). This curve may exhibit shape variations depending on different factors, such as different concentration of pigments in the leaves (chlorophyll, xanthophyll, and carotenoids), leaf anatomy (Fig. 2), water content, phenologic period, canopy density and phytosanitary status (Fig. 3).

Among the most used vegetation indices there is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Xue & Su, 2017), which assumes theoretical (mathematical) values between -1 and +1, but whose real values are normally ranging between -0.1 at +0.8. Values <0 correspond to the presence of water bodies (lakes, rivers, etc.), values slightly higher than 0 refer to soils bare or very scarcely covered by plants and values between 0.4 and 0.8 are an expression of the presence of vegetation. In particular moderate values of NDVI (0.2–0.3) identify bushes and scrubs, whereas higher NDVI values (0.3–0.7) testify the occurrence of forest communities (very dense and highly stratified forests score NDVI values up to 0.8) (eg, Gomarasca, 2004; Xue & Su, 2017; Earth Observing System, 2019).

From a mathematical point of view NDVI is expressed as follows:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r}$$ where:

ρ_{nir} = reflectance of near infra-red (nir)

ρ_r = reflectance of red (r = red)

The NDVI index, being related to the anatomical structure of the leaves, their shape and density and concentration of chemical pigments, allows to identify not only the presence of the vegetation, but also its health status, phenological stage, and possible situations of stress conditions (phytopathologies, water stresses, etc.).

Owing to NDVI ability in discriminating various types of vegetation cover, the use of this index ranges across numerous fields of research, such as bio-ecological studies (e.g., Andrieu, 2017), investigations on the structure of the landscape, multi-temporal analysis able to identify minimal variations of those land use categories characterized by vegetation cover (e.g., Iamonico 2008), analysis of agro-ecosystems (eg, Mennella et al., 2010), evaluation of desertification risks (Tomasella et al., 2018), climate change assessment (eg, Yuan et al., 2019), monitoring of urban sprawl (e.g., Murgante et al., 2014). All these applications of NDVI can be very useful to undertake environmental planning policies that prove effectively sustainable and not generic (e.g., Santana, 2007).

The progressive reduction of natural areas, in relation to the increase in waterproof anthropic surfaces (environmental

flettanza nel blu e nel rosso (Fig. 1). Tale curva non è tuttavia univoca, presentando variazioni di forma dipendenti da diversi fattori, quali la diversa concentrazione nelle foglie di pigmenti fogliari (clorofilla, xanthofille e carotenoidi), anatomia della foglia (Fig. 2), contenuto in acqua, fenologia, densità della chioma e status fitosanitario (Fig. 3).

Tra gli Indici di vegetazione maggiormente utilizzati vi è il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Xue & Su, 2017), il quale assume valori teorici (matematici) compresi tra -1 e +1, ma valori effettivi che variano da -0,1 a +0,8. Valori < 0 corrispondono alla presenza di corpi idrici (laghi, fiumi, ecc.), valori poco superiori allo 0 si riferiscono ai suoli vergini, nudi o scarsamente ricoperti di vegetazione e valori compresi tra 0,4 e 0,8 sono espressione della presenza significativa di aree vegetate. In particolare per valori moderati di NDVI (0,2–0,3) siamo generalmente in presenza di cespuglieti, mentre per valori maggiori (0,3–0,8) l'NDVI identifica le cenosi forestali (formazioni forestali molto dense sono espresse da valori di NDVI fino allo 0,8) (e.g., Gomarasca, 2004; Xue & Su, 2017; Earth Observing System, 2019).

Dal punto di vista matematico, l'NDVI è dato dalla seguente formula:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r}$$ dove:

ρ_{nir} = riflettanza del infrarosso vicino (nir = near infra-red)

ρ_r = riflettanza del rosso (r = red)

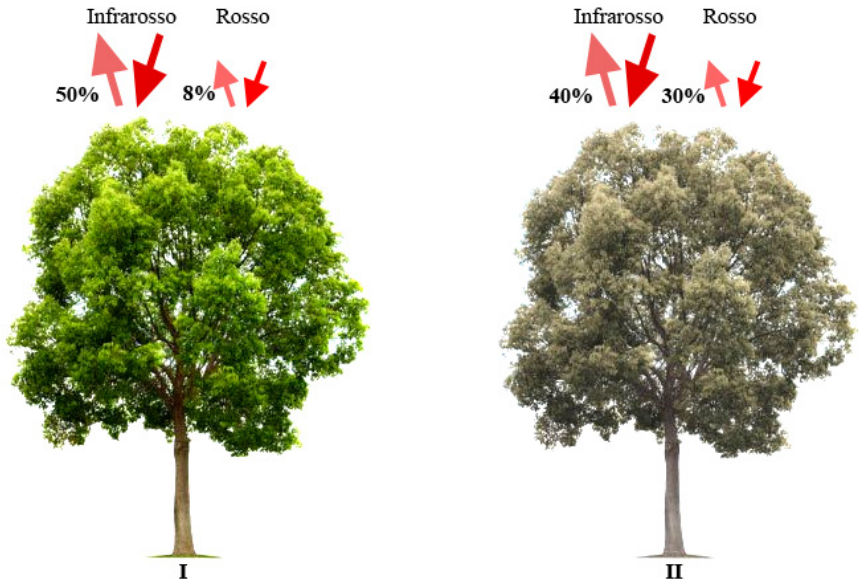


Fig. 3 - Variazione della riflettanza del rosso e dell'infrarosso vicino al variare delle condizioni fitosanitarie (valori da Earth Observing System, 2019): I) pianta in salute (alto assorbimento del rosso e alta riflettanza dell'infrarosso), II) pianta non in salute (ridotto assorbimento del rosso e ridotta riflettanza dell'infrarosso) / *Variation of red and near infra-red reflectance in comparison to the phytosanitary conditions (values from Earth Observing System, 2019): I) healthy plant (high absorption of red and high infrared reflectance), II) unhealthy plant (reduced red absorption and reduced infrared reflectance).*

L'indice NDVI permette di caratterizzare la presenza, il vigore, gli stadi fenologici e la condizioni di stress (fitopatologie, stressi idrici, ecc.) della vegetazione, essendo correlato alla struttura anatomica delle foglie, loro forma e densità e concentrazione dei pigmenti chimici.

In relazione alla sua capacità di discriminare le varie fisionomie vegetazionali del territorio, l'uso dell'indice NDVI trova spazio in numerosi campi, tra cui: studi bio-ecologici sulla vegetazione (e.g., Andrieu, 2017), indagini sulla struttura del paesaggio e analisi multi-temporali delle variazioni anche minime di quelle categorie di uso del suolo caratterizzate da vegetazione (e.g., Iamonico, 2008), analisi degli agroecosistemi (e.g., Mennella et al., 2010), analisi del rischio di desertificazione (Tomasella et al., 2018), valutazione del climate change (e.g., Yuan et al., 2019), indagini sullo sprawl urbano (e.g., Murgante et al., 2014). Il tutto a supporto di una pianificazione ambientale sostenibile e soprattutto non generica (e.g., Santana, 2007).

La progressiva riduzione delle aree naturali, in relazione all'aumento delle superfici antropiche impermeabili (frammentazione ambientale; Battisti, 2004), influisce significativamente sulla temperatura dell'aria in ambito urbano con evidenti differenze rispetto ad aree perturbane. Tale fenomeno (Isola di Calore Urbano) si distingue per un elevato assorbimento della radiazione solare durante il dì e un suo rilascio durante la notte. L'uso degli indici di vegetazione (in primis l'NDVI ma anche, ad esempio, l'NDWI–*Normalized Difference Water Index*), consente di mappare con dettaglio quantitativo le aree vegetate (naturali, seminaturali e antropiche) e di valutare (attraverso ulteriori algoritmi) l'efficacia della copertura vegetale nel contrastare possibili aumenti di temperatura legati all'Isola di Calore Urbana (e.g., Gallo et al., 1993; Voogt & Oke, 2003). È stato infatti ampiamente dimostrato come la vegetazione sia correlata positivamente con la temperatura atmosferica a scala microclimatica (e.g., Sun & Kafatos 2007; Colanino et al., 2018). La persistenza di condizioni di elevata temperatura (Ondata di calore) può essere analizzata, d'altro canto, utilizzando l'NDVI o gli indici similari su una sequenza multi-temporale. Un esempio è rappresentato dagli studi svolti sul fenomeno del deperimento delle querce in bosco (oak decline) che ha colpito diverse foreste italiane in aree essenzialmente naturali (Conte et al., 2020). Tale fenomeno, proprio a causa dei cambiamenti climatici in atto, potrebbe causare danni ancor maggiori all'interno delle città in ambito di infrastrutture verdi fondamentali quali ad esempio le *Urban forests*. L'ambiente urbano infatti, oltre al global warming generale, subisce anche le conseguenze del surplus termico generato dall'isola di calore a sua volta legata alla ben nota serie di concause quali la presenza di superfici impermeabili che non consentono una adeguata traspirazione ed evaporazione a livello del suolo, eccessiva presenza di gas di scarico, uso di condizionatori, ecc.).

In conclusione, gli indici di vegetazione in contesti di Remote Sensing possono rappresentare uno strumento di analisi basilare per il monitoraggio dei Cambiamenti Climatici e delle loro conseguenze e quindi per attuare efficaci politiche di prevenzione. Sicuramente rappresentano un supporto non indifferente alla progettazione urbana e, in particolare, alla calibrazione di misure atte a mitigare l'effetto di fenomeni microclimatici indesiderati, aumentando la resilienza urbana e diminuendo la vulnerabilità delle città. Il dato sperimentale tanto nella sua forma grezza, quanto in quella elaborata, assume una importanza applicativa (e non semplicemente speculativa) solo se messo a sistema con interventi diretti sul

fragmentation; Battisti, 2004), significantly affects the air temperature in the urban area with evident differences compared to surrounding areas (e.g., cities countryside). This phenomenon (Urban Heat Island) is characterized by a high absorption of solar radiation during the day and its release during the night. The use of vegetation indices (primarily NDVI but also NDWI - Normalized Difference Water Index), allows to map the green areas (natural, semi-natural, and anthropic) providing quantitative data and evaluating (through further algorithms) the effectiveness of the vegetation cover in contrasting possible temperature increases related to Urban Heat Island situations (e.g., Gallo et al., 1993; Voogt & Oke, 2003). It is well-known that vegetation is positively related with the urban microclimatic variation of temperature (e.g., Sun & Kafatos, 2007; Colanino et al., 2018). Also the persistence of anomalous high temperature conditions (heat wave) can be analysed through NDVI or using similar indices considering a multi-temporal sequence. An example of the use of these indices is represented by the studies on a phenomenon known as "oak decline" which consists in the suffering and subsequent death of individuals belonging to the genus Quercus, which was found to affect several Italian natural oak forests and possibly related to climatic anomalies such as heat waves of prolonged period of drought (Conte et al., 2020). Owing to the ongoing climate changes it is possible that this phenomenon may cause even greater damage to the green infrastuctures occurring inside the cities (e.g., Urban forests). In fact, in addition to the general global warming consequences, urban environments are also characterized by thermic surplus generated by heat islands, these latter being linked to a series of causes, such as the dominance of water-proof surfaces that do not allow adequate transpiration and evaporation at ground level, excessive combustion of fossil fuel, use of air conditioners etc.).

In conclusion we can say that the vegetation indices in Remote Sensing contexts can represent a basic analysis tool for monitoring Climate Change and, as a consequence, for implementing effective prevention policies. These indices may represent a considerable support for urban planning especially developing actions and measures aimed at mitigating the negative effects of unwanted microclimatic phenomena and anomalies as well as in increasing urban resilience and in decreasing cities vulnerability. However, the experimental data both in its raw form and as processed data can assume a real applicative importance only if involved in an integrated system which consider direct interventions on the territory. Examples of sustainable intervention active in mitigating the negative effects of climate change can be manifold. Among these there are those related to the use of Green Infrastructures such as greening bu-

ildings, urban forests, rain gardens. The overall effectiveness of these strategies is greater where they are planned with the contribution of different disciplines including Environmental Design and Planning, Landscape Architecture, Plant ecology (etc.). In addition to offering technological solutions in a short time, interventions of green architecture conceived in a multidisciplinary key will be able to act on several other fronts, such as identity and recognisability of places, implementation of local and regional ecological networks, and urban biodiversity safeguard.

territorio. Tipi di intervento attivi nel mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici possono essere molteplici. Tra questi vi sono quelli che prevedono l'uso di Green Infrastructures quali greening buildings, urban forests e rain gardens, la cui efficacia complessiva è maggiore laddove si presentino come frutto dell'integrazione di discipline diverse tra cui Progettazione e Pianificazione ambientale, Architettura del Paesaggio, Ecologia vegetale (ecc.). Oltre a proporre soluzioni tecnologiche in termini immediati, interventi di green architecture concepiti in chiave multidisciplinare saranno in grado di agire su più fronti quali l'identità e la riconoscibilità dei luoghi, l'implementazione delle reti ecologiche locali e regionali, la salvaguardia della biodiversità urbana in tutti i suoi livelli di aggregazione.

References

Andrieu, J. (2017),"Phenological analysis of the savanna–forest transition from 1981 to 2006 from Côte d'Ivoire to Benin with NDVI NOAA time series", in *European Journal of Remote Sensing*, vol. 50, n. 1, pp. 588–600.

Battisti, C. (2004), *Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatic*a, Stilgrafica, Roma.

Chiesa, G. & Palme, M. (2018), "Valutare la vulnerabilità urbana ai cambiamenti climatici e alle isole di calore urbano", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n.15, FU Press, Firenze, pp. 237–245.

Colanino, N., Morello, E., Musco, F. & Maragno, D. (2018), "I dati satellitari per l'analisi del fenomeno isola di calore urbano e la valutazione di misure di mitigazione; il caso della Città di Milano", in *Urbanistica Informazioni*, n. 3, pp. 54-61.

Conte, A.L., Di Pietro, R., Iamonico, D., Di Marzio, P., Cillis, G., Lucia, D. & Fortini, P. (2020), "Oak decline in the Mediterranean basin: a study case from the southern Apennines (Italy)", *Plant Sociology,* 56 (2), pp. 69-80.

Earth Observing System (2019), *NDVI*, available at: https://eos.com/ndvi/ (accessed 09 September 2019).

Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J. & Tarpley, J.D. (1993), "The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect", *Int. J. Remote Sensing*, n. 14, pp. 2223-2230.

Gomarasca, M.A. (2004), *Elementi di Geomatica*, Artestampa, Galliate Lombardo (VA).

Gomarasca, M.A., Boschetti, M., Brunori, C.A., Colombo, A., Colombo, R. & Meroni, M. (2001), "Telerilevamento", in Sartori, F. (ed), *Per una cartografia tematica lombarda. Metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione di dati ambientali territorial*, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Università degli Studi di Pavia, pp. 379-404.

Iamonico, D. (2008), "Multitemporal analysis of landscape of the Appia Antica Regional Park (Rome)", *Italian J. Remote Sens.*, vol. 40, n. 3, pp. 27-37.

Mennella, V.G.G., Pacicco, L. & Grohmann, D. (2010), "Evoluzione degli ecosistemi naturali e agricoli in relazione ai cambiamenti climatici", *An International Journal of Agroecosystem Management*, vol. 5, n. 4, pp. 83-90.

Murgante, B., Amato, F. & Martellozzo, F. (2014), "Metodi e strumenti per l'analisi spaziale dei fenomeni di sprawl urbano", in Musco, F. & Fregolent, L. (eds), *Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano*, Il Poligrafo, Padova,

Santana, L.M. (2007), "Landsat ETM+ image applications to extract information fro environmental planning in a Colombian city", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 28, n. 19, pp. 4225-4242.

Sun, D., & Kafatos, M. (2007), "Note on the NDVILST relationship and the use of temperature related drought indices over North America", *Geophys. Research Letters*, vol. 34, n.24.

Tomasella, J., Pinto Vieira, R.M.S., Barbosa, A.A., Rodriguez, D.A., de Oliveira Santana, M., & Sestini, M.F. (2018), "Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, n. 73, pp. 197-206.

Voogt, J.A. & Oke, T.R. (2003), "Thermal Remote Sensing of Urban Climates", *Remote Sensing Envir*, n. 86, pp. 370-384.

Yuan, W., Wu, S.-Y., Hou, S., Xu, Z. & Lu, H. (2019), "Normalized Difference Vegetation Index-based assessment of climate change impact on vegetation growth in the humid-arid transition zone in northern China during 1982–2013", *Int. J. Climat*, pp. 5583-5598.

Xue, J. & Su, B. (2017), Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. J. Sensor: pp.1-17.

Air Pollutant

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Roberto Bolici, *Politecnico di Milano*
Daniele Fanzini, *Politecnico di Milano*
Giovanni Castaldo, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Contesto, indicatori e loro evoluzione nel tempo

In campo ambientale la storia degli indicatori è strettamente correlata al concetto di sviluppo sostenibile e alle politiche globali per il suo perseguimento.

L'attenzione al rilevamento e al controllo degli inquinanti (e tra questi di quelli aerei) è via via cresciuta, e con essa l'esigenza di una corretta informazione ambientale. A ciò è corrisposta la messa a punto di idonei indicatori ambientali, riconosciuti e adottati dalla comunità scientifica per veicolare informazioni sullo stato dell'ambiente e valutare l'efficacia delle azioni di miglioramento (dall'introduzione delle procedure di VIA degli anni '80, all'Agenda XXI delle Nazioni Unite del '92, alla Carta di Aalborg e alla successiva Convenzione di Aarhus, sino alla Direttiva europea 2003/4/CE e finalmente alla Direttiva 2016/2284/UE, che ha stabilito i limiti nazionali per le emissioni di SO_2, NO_X, COVNM, NH_3, PM2,5 per gli anni 2020-29 - Protocollo di Göteborg - e dal 2030 in poi).

Principali inquinanti aerei / *Main air pollutants*		**Fonte di emissione / *Source of emission***
Ossido di zolfo/anidride solforosa / *Sulfur oxide/sulfur dioxide*	SO_X/SO_2	Combustion di gas e petroli / *Combustion of gases and oils*
Ossidi di azoto/biossido di azoto / *Nitrogen oxides/nitrogen dioxide*	NO/NO_2	Combustioni ad alte temperature / *Combustion at high temperatures*
Monossido di carbonio / *Carbon monoxide*	CO	Combustione incompleta di gas, carbone, legna. Scarichi degli autoveicoli / *Incomplete combustion of gas, coal, wood. Vehicle exhausts*
Biossido di carbonio / *Carbon dioxide*	CO_2	Gas serra/combustione / *Greenhouse gas/combustion*
Composti organici volatili / *Volatile organic compounds*	COV	Vapori dei solventi e dei combustibili a base di idrocarburi / *Vapors of solvents and hydrocarbon fuels*
Particolato / *Particulate*	PM	Processi di erosione o combustione / *Erosion or combustion processes*
Ammoniaca / *Ammonia*	NH_3	Processi agricoli / *Agricultural processes*
Piombo / *Lead*	PB	Fonderie, vernici, impianti idraulici / *Foundries, paints, hydraulic systems*
Organici persistenti / *Persistent organic*	POP	Processi industriali / *Industrial processes*
Ozono / *Ozone*	O_3	Reazione chimica tra NO_X e COV / *Chemical reaction between NOX and VOC*

Tab. 1 - Principali inquinanti aerei e Fonti di emissione / *Main air pollutants and Sources of emission*.

Context, indicators and their evolution over time

In the environmental field, the history of indicators is closely related to the concept of sustainable development and global policies for its pursuit.

Attention to the detection and the control of pollutants (and among these of the airborne ones) has gradually grown, and with it the need for correct environmental information. In the meantime, environmental indicators, recognized and adopted by the scientific community to convey information on the state of the environment and to evaluate the effectiveness of the improvement actions (from the introduction of the EIA procedures of the 1980s, to the Agenda XXI of the United Nations of 1992, to the Aalborg Charter and to the subsequent Aarhus Convention, up to the European Directive 2003/4 / EC and finally to Directive 2016/2284 / EU, which established the national limits for emissions of SO_2, NO_X, COVNM, NH_3, PM2,5 for the years 2020-29 - Gothenburg Protocol - and from 2030 onwards), have been developed.

The alteration of concentrations of gas in the air depends on natural and / or anthropic causes (emissions of industrial, artisanal and agricultural activities, thermal power stations and heating systems, mobility) and constitutes a phenomenon of significant impact on the human health (respiratory, cardiac and cardiovascular diseases) and on ecosystem and climatic balances.

The constant monitoring of the air quality (in particular in urban areas, where significant exposure values for a large and concentrated population are found), the systematic reduction of emissions at the source, as well as the mitigation and the absorption of the already present pollutants are therefore fundamental. The monitoring involves the detection of concentration values through measurement networks and the use of numerical simulation models (applied to traffic, emissions, local meteorology and pollutant concentrations) to assess the levels of exposure of the population.

In Italy the first measurements date back to the 1950s and 1960s, with increasing pressures deriving from industrial development and motorization. The introduction of threshold for

Inquinante / *Pollutant*	**Unità di misura / *Unit of measure***	**Limite / *Limit***	**Periodo di mediazione / *Mediation period***	**Valore limite / *Limit value***	**Superamenti/anno / *Exceedances/year***
PM10	µg/m^3	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana / *24-hour limit value for the protection of the human health*	media giornaliera / *average per day*	50 µg/m^3	massimo 35 / *max 35*
		Valore limite annuale per la protezione della salute umana / *Annual limit value for the protection of the human health*	anno civile / *calendar year*	40 µg/m^3	
PM2.5	µg/m^3	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana/ *Annual limit value for the protection of the human health*	anno civile/ *calendar year*	25 µg/m^3	
NO_2	µg/m^3	Valore limite orario per la protezione della salute umana / *Hourly limit for the protection of the human health*	media massima oraria / *maximum hourly average*	200 µg/m^3	massimo 18 / *maximum 18*
		Valore limite annuale per la protezione della salute umana / *Annual Limit Value for the protection of human health*	anno civile/ *calendar year*	40 µg/m^3	
O_3	µg/m^3	Soglia d'informazione / *Information threshold*	media max oraria / *max hourly average*	180 µg/m^3	
		Soglia d'allarme / *Alarm threshold*	media max oraria / *max hourly average*	240 µg/m^3	
		Valore obiettivo / *Target value*	media max giornaliera calcolata su 8 ore / *max per day avarage calculated on 8 hours*	120 µg/m^3	<= 25 volte/a.(media su 3 a.) / *25 times/year (average over 3 y.)*
		Valore obiettivo per laprotezione della vegetazione / *Target value for the protection of the vegetation*	calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio / *calculated on the basis of the values of 1 hour from May to July*	18000 µg/m^3 (media su 5 a. / average 5 y.)	
CO	mg/m^3	Valore limite orario per la protezione della salute umana / *Hourly limit value for the protection of the human health*	media max giornaliera calcolata su 8 ore / *max per day avarage calculated on 8 hours*	10 mg/m^3	
SO_2	µg/m^3	Valore limite giornaliero / *Daily threshold*	media giornaliera / *average per day*	125 µg/m^3	max 3 / *max 3*
		Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana / *Limit on 1 hour for the protection of the human health*	media massima oraria / *maximum per day avarage*	350 µg/m^3	max 24 / *max 24*
Benzene / *Benzene*	µg/m^3	Valore limite su base annua / *Annual threshold*	anno civile/ *calendar year*	5 µg/m^3	
Benzo(a)pirene / *Benzo (a) pyrene*	ng/m^3	Concentrazione nella frazione PM10 del materiale particolato (media su un anno civile) / *Concentration of the particulate material in the PM10 fraction, (average over a calendar year)*	anno civile / *calendar year*	1 ng/m^3	
Metalli pesanti / *Heavy metals*	ng/m^3	Arsenico / *Arsenic*	anno civile/ *calendar year*	6 ng/m^3	
		Cadmio / *Cadmium*	anno civile / *calendar year*	5 ng/m^3	
		Nichel / *Nickel*	anno civile / *calendar year*	20 ng/m^3	
		Piombo / *Lead*	anno civile / *calendar year*	0,5µg/m^3	

Tab. 2 - Limiti di riferimento (D.lgs 155/2010) / *Reference limits (Leg. Decree. 155/ 2010*) (Source: Elaboration of data from ISPRA and regional ARPA).

L'alterazione delle normali concentrazioni di gas nell'aria è dovuta a cause naturali e/o antropiche (emissioni di attività industriali, artigianali e agricole, centrali termiche e impianti di riscaldamento, mobilità) e costituisce un fenomeno di rilevante impatto sulla salute umana (patologie di tipo respiratorio, cardiaco e cardiovascolare) e sugli equilibri ecosistemici e climatici.

Sono quindi fondamentali sia il costante monitoraggio della qualità dell'aria (in particolare nelle aree urbane, dove si riscontrano valori di esposizione significativi per una popolazione consistente e concentrata), sia la sistematica riduzione delle emissioni alla fonte, nonché la mitigazione e assorbimento degli inquinanti già presenti. Il monitoraggio prevede il rilevamento dei valori di concentrazione attraverso reti di misurazione e l'impiego di modelli di simulazione numerica (applicati al traffico, alle emissioni, alla meteorologia locale e alla concentrazione degli inquinanti) per valutare i livelli di esposizione della popolazione.

In Italia le prime misurazioni risalgono agli anni '50 e '60, con le crescenti pressioni derivanti dallo sviluppo industriale e della motorizzazione, ma l'introduzione di valori limite per l'inquinamento atmosferico avviene solo con il DPCM 28 marzo 1983; è poi ripresa alla fine degli anni ottanta nel contesto delle procedure di VIA e di VAS, con una crescente attenzione per la qualità dell'aria nelle aree urbane, e poi con il D.Lgs 351/99, e ancora con il D.Lgs n.155/2010 (attuazione Direttiva 2008/50/CE) e il DM 26 gennaio 2017, che ha recepito la Direttiva UE 1480/2015 per quanto riguarda la determinazione degli inquinanti, le procedure per la garanzia di qualità delle reti e la comunicazione dei dati rilevati). Grazie alle osservazioni delle numerose agenzie nazionali e internazionali per l'ambiente è oggi possibile disporre di serie storiche relative alle concentrazioni, che registrano effetti di riduzione delle concentrazioni di inquinanti primari (SO_2, CO, C_6H_6), ma non degli inquinanti secondari (PM10, PM2,5, NO_2 e O_3). Nel corso degli anni la normativa è dunque cambiata più volte, adattandosi agli effetti positivi delle limitazioni e a crescenti obiettivi di qualità. L'attuale assetto normativo è rappresentato dal D.Lgs 30 maggio 2018, n. 81 (attuazione Direttiva UE 2016/2284), che definisce gli impegni nazionali relativi alla riduzione delle emissioni, ai programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico, agli obblighi di monitoraggio e di comunicazione.

Air Quality Index, misurazione e applicazione

L'Air Quality Index (AQI) è un indice aggregato che permette di rappresentare in modo sintetico lo stato di qualità dell'aria considerando i dati di più inquinanti (tipicamente PM10 e PM2.5, NO_2, NO_X, O_3, CO, SO_2 e benzene), fornendo una stima articolata su vari livelli. Si tratta di un indice abbastanza efficace nel fornire un quadro sintetico e dinamico della qualità dell'aria nelle città, ma non impiegabile per la verifica puntuale della conformità delle emissioni ai limiti di legge.

I valori di concentrazione utili al calcolo dell'AIQ sono raccolti attraverso stazioni di monitoraggio dotate di sensori con letture a scadenza oraria o giornaliera in relazione al tipo di inquinante, che identificano la stazione di monitoraggio, il sensore, l'inquinante misurato, la sua concentrazione e la data/ora di rilevamento.

L'AQI viene calcolato in diversi modi, in relazione al numero di inquinanti e delle concentrazioni misurate, stimate o previste. Inoltre, un passaggio importante è quello relativo alle modalità di aggregazione degli inquinanti, che può essere effettuata assumendo il valore più alto tra quelli dei sottoindici, oppure calcolandone il valore medio (eventualmente ponderato). L'EPA (US Environmental Protection

atmospheric pollution occurs only with the DPCM of the 28th March 1983. Moreover, it is resumed at the end of the Eighties in the context of the EIA and SEA procedures, with a growing attention to the air quality in urban areas; then with the Legislative Decree 351/99; then with the Legislative Decree n.155 / 2010 (implementation of Directive 2008/50 / EC); then with the Ministerial Decree 26th January 2017, which transposed EU Directive 1480/2015 regarding the determination of pollutants, the procedures for guaranteeing network quality and communication of the collected data).

Thanks to the observations of numerous national and international agencies for the environment, it is now possible to have time series relative to concentrations, which record effects of reduction of concentrations of primary pollutants (SO_2, CO, C_6H_6), but not of secondary pollutants (PM10, PM2.5, NO_2 and O_3).

Over the years, the legislation has therefore changed several times, adapting to the positive effects of limitations and to the new objectives of quality. The current regulatory framework is represented by the Legislative Decree 30thMay 2018, n. 81 (implementation of EU Directive 2016/2284), which defines national commitments related to the reduction of the emissions, the national control programs of the air pollution, the monitoring and communication obligations.

Air Quality Index, measurement and application

The Air Quality Index (AQI) is an aggregate index that allows to summarize the state of air quality considering the data of several pollutants (typically PM10 and PM2.5, NO_2, NO_X, O_3, CO, SO_2 and benzene), providing an articulated estimation on different levels. This is a fairly effective index in providing a synthetic and dynamic picture of the quality of the air in the cities, but it is not usable for the punctual verification of the compliance of the emissions with the limits defined by the law.

The concentration values useful for the AQI calculation are collected through monitoring stations equipped with sensors with hourly or daily readings in relation to the type of pollutant, which identify the monitoring station, the sensor, the measured pollutant, its concentration and the date / time of detection.

The AQI is calculated in different ways, in relation to the number of the measured pollutants, estimated or expected concentrations. Furthermore, an important step regards the methods of aggregation of pollutants, which can be carried out by assuming the highest value among those of the sub-indices, or by calculating the average value (possibly weighted).

The EPA (US Environmental Protection Agency) uses an air quality index articulated in six increasing levels of harmfulness to the human health and it is based on the five pollutants regu-

lated by the US legislation: O_3 at ground level (in ppm, or parts per million), PM2.5 and PM10 (in μg / m3), CO (in ppm, in parts per million), SO_2 (in ppm) and NO_2 (in ppm), for each of which a national standard is established.

In European countries, the index is calculated in different ways, although often with reference to O_3, PMX, SO_2, CO and NO_2. The need to have comparable and easily communicable data led to the definition of a common index - the CAQI, Common Air Quality Index -, based on the different existing quality indexes, with attention to the European Community thresholds. The CITEAIR project, Common Information to European Air, funded by the European Union under the INTERREG IIIC Program, defined three useful indexes to provide - on the interactive website Air Quality Now - information on air quality in over fifty cities European. These indexes - articulated on time scans (hourly, daily and yearly) and on 5 levels, on a scale from 0 (very low) to 100 (very high) - consider the three main pollutants (PM10, NO_2 and O_3) and , in perspective, three other significant pollutants (CO, PM2.5 and SO_2).

In Italy the AQUI is calculated by dividing the measurement relating to each pollutant by the related reference limit established by law by the Legislative Decree 155/2010.

The use of the air quality models allows also the simulation of the behaviour of pollutants in the atmosphere, integrating the analytical framework, on the one hand with data relating to physical-chemical phenomena and orographic and climatic conditions (temperature, pressure, humidity, precipitations, wind direction and speed, atmospheric stability) associated with each monitoring station and, on the other, with vehicle traffic data (number of vehicles entering in a specific zone / day), with specifications about vehicle category (type of fuel:

Agency) impiega un indice di qualità dell'aria articolato in sei livelli crescenti di nocività per la salute umana e basato sui cinque inquinanti regolamentati nella legislazione statunitense: O_3 a livello del suolo (in ppb, o parti per miliardo), PM2,5 e PM10 (in μg/m3), CO (in ppm, in parti per milione), SO_2 (in ppb) e NO_2 (in ppb), per ciascuno dei quali è stabilito uno standard nazionale.

Nei Paesi europei l'indice è calcolato in modo differenziato, anche se spesso con riferimento a O_3, PMX, SO_2, CO e NO_2. L'esigenza di rendere comparabili e facilmente comunicabili i dati ha portato alla definizione di un indice comune - il CAQI, Indice Comune di Qualità dell'Aria (Common Air Quality Index) -, basato sui diversi indici di qualità esistenti, con attenzione ai livelli soglia comunitari. Il progetto CITEAIR, Common Information to European Air, finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma INTERREG IIIC, ha definito tre indici utili per fornire al pubblico - sul sito interattivo Air Quality Now - informazioni sulla qualità dell'aria in oltre cinquanta città europee. Tali indici - articolati su scansioni temporali (orario, giornaliero e annuale) e in 5 livelli, su una scala da 0 (molto bassa) a > 100 (molto alta) -, considerano i tre principali inquinanti (PM10, NO_2 e O_3) e, in prospettiva, altri tre inquinanti di rilievo (CO, PM2.5 e SO_2).

Valori dell'Indice Air Quality Index/*Air Quality Index Values*	**Livelli di pericolo per la salute / *Levels of Health Concern***	**Colori / *Colors***
0-50	Buono / *Good*	Verde / *Green*
51-100	Moderato / *Moderate*	Giallo / *Yellow*
101-150	Dannoso per gruppi di persone sensibili / *Unhealthy for sensitive groups*	Arancio / *Orange*
151-200	Dannoso / *Unhealthy*	Rosso / *Red*
201-300	Molto Dannoso/*Very Unhealthy*	Viola / *Purple*
301-500	Pericoloso / *Hazardous*	Marrone / *Maroon*

Tab. 3 - Valori e livelli di rischiosità per la salute dell'Air Quality Index / *Risk values and levels for the health of the Air Quality Index* (Source: EPA, https://www.airnow.gov).

AIQ	**Parametro / *Parameter***	**Valore limite / *Limit value***	**Molto buona / *Very good***	**Buona / *Good***	**Accettabile / *Acceptable***	**Scarsa / *Scarce***	**Molto scarsa / *Very scarce***
PM2.5	media giornaliera / *dayly avarage*	25 μg/m^3	0-10	ott-20	20-25	25-30	50-800
PM10	media giornaliera / *dayly avarage*	50 μg/m^3	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
NO_2	massimo orario / *maximum hourly*	200 μg/m^3	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
O_3	massimo orario / *maximum hourly*	180 μg/m^3	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
SO_2	massimo orario / *maximum hourly*	350 μg/m^3	0-100	100-200	200-350	350-500	500-1250
CO	media mobile 8H / *avarage 8H*	10 mg/m^3					
C_6H_6	media annuale / *Annual avarage*	5 μg/m^3					

Tab. 4 - Livelli del modello AIQ rapportati ai valori limite degli inquinanti su standard nazionale italiano / *Levels of the AIQ model compared to the limit values of pollutants according to the Italian national standard* (Source: Elaboration of data from ISPRA and regional ARPA).

In Italia l'AQUI è calcolato dividendo la misurazione relativa a ogni inquinante per il correlato limite di riferimento, stabilito per legge dal D.Lgs 155/2010.

L'impiego di modelli di qualità dell'aria consente inoltre di simulare il comportamento degli inquinanti in atmosfera, integrando il quadro analitico, da un lato con dati relativi ai fenomeni fisico-chimici e alle condizioni orografiche e climatiche (temperatura, pressione, umidità, precipitazioni, direzione e velocità del vento, stabilità atmosferica) associati a ciascuna stazione di monitoraggio e, dall'altro, ai dati del traffico veicolare (numero di veicoli in ingresso a una determinata zona/giorno), articolato per categoria di veicolo (per tipo di carburante: benzina, diesel, elettrico, GPL-Metano, ibrido, GPL, miscela, ibrido gasolio, metano, ibrido benzina; per tipo di veicolo (bus, merci, privati, ecc.) e per categoria di Euro.

Opere tecniche che agiscono sull'indicatore, esempi e limiti di applicazione

Le soluzioni tecniche per il miglioramento della qualità dell'aria nei distretti urbani attraverso l'assorbimento degli inquinanti operano sia per mezzo di materiali artificiali, sia mediante l'impiego di componenti naturali (NBS).

Tra le soluzioni artificiali troviamo in particolare:

- materiali e componenti a base di biossido di titanio, impiegati su superfici orizzontali e verticali, che - sotto l'azione dei raggi ultravioletti - utilizzano processi di fotocatalisi per assorbire/decomporre gli inquinanti; le proprietà fotocatalitiche sono applicate a diversi materiali e componenti edilizi (cemento e suoi derivati - malte e intonaci -, vernici, tegole, pannelli, lastre, masselli e piastrelle, vetro) per realizzare pavimentazioni, coperture, pannellature, finiture esterne e rivestimenti, le cui capacità di assorbimento sono validate da enti di ricerca, , con riduzioni sensibili (anche > 50%).
- materiali filtranti (in particolare tessuti multistrato) capaci di assorbire/decomporre gli inquinanti attraverso processi nanomolecolari che sfruttano il movimento naturale dell'aria.

Per quanto concerne l'applicazione delle NBS, è possibile considerare le seguenti opere: tree planting; green roof; green walls; bio-basin.

Vi sono infine le soluzioni ibride, che sfruttano l'integrazione di componenti naturali e artificiali (muschio, filtri, sensori di rilevamento, ecc.) e che trovano applicazione soprattutto in elementi di attrezzamento urbano (es: CityTrees air filter). Valutare in modo puntuale l'efficacia di tali soluzioni in termini di cattura degli inquinanti aerei è piuttosto complesso, perché le prestazioni sono strettamente connesse alle caratteristiche fisico-spaziali, orografiche, climatiche e ambientali del contesto, alle fonti, alle tipologie e al grado di concentrazione degli inquinanti, nonché alle specifiche di ogni singola soluzione adottata.

Dal punto di vista metodologico sono possibili diverse modalità di misurazione/valutazione, applicabili *ex-ante* o *ex-post* (più rari i casi in letteratura di applicazione a supporto del processo decisionale/progettuale). Nel caso delle NBS, ad esempio, possono essere impiegati i modelli parametrici che adottano valori tabellari (ex. modello UFORE-Urban Forest Effect, LAI-Leaf Area Index), analitici (ex. modellazioni spaziali in GIS e simulazioni -, software I-Tree, ecc. - puntualmente riferite al sito), e/o strumentale (ex. misurazione diretta della variazione dei livelli di concentrazione degli inquinanti negli apparati fogliari).

Un esempio significativo è riscontrabile nella sperimentazione progettuale del gruppo Proxima per il Concorso C40 (sito di Via Serio a Milano), che ha sviluppato

gasoline, diesel, electric, LPG-Methane, hybrid, LPG, mixture, diesel, methane, hybrid petrol, by type of vehicle (bus, goods, private, etc.).

Technical interventions that affect the indicator, examples and limits of the application

The technical solutions for the improvement of the air quality in urban districts through the absorption of pollutants regards both the use of artificial materials and the adoption of natural components (NBS).

Among the artificial solutions, we can list in particular:

- *materials and components based on titanium dioxide, used on horizontal and vertical surfaces, which - under the action of ultraviolet rays - use photo catalysis processes to absorb/decompose pollutants; the photo catalytic properties are applied to different building materials and components (cement and its derivatives - mortars and plasters -, paints, tiles, panels, slabs, blocks and tiles, glass) to create flooring, coverings, panelling, external finishes and coatings, the whose absorption capacity is validated by research institutes, with significant reductions (even> 50%).*
- *filtering materials (in particular multilayer fabrics) capable of absorbing / decomposing pollutants through nanomolecular processes that exploit the natural movement of the air.*

With regard to the application of NBS, it is possible to consider the following typologies: tree planting; green roof; green walls; bio-basin.

Finally, there are hybrid solutions, which take advantage of the integration of natural and artificial components (moss, filters, detection sensors, etc.) and which find application above all in multifunctional urban equipment (ex: CityTrees air filter). Evaluating punctually the effectiveness of these solutions in terms of capture of air pollutant is rather complex, because the performances are strictly connected to the physical-spatial, orographic, climatic and environmental characteristics of the context, to the sources, to the types and to the degree of concentration of pollutants, as well as to the specifications of each adopted solution.

From a methodological point of view, different measurement/evaluation methods are possible, applicable ex-ante or ex-post (the cases of application for supporting the decision-making / planning process are rare in literature). In the case of NBS, for example, parametric models can be used that adopt tabular values (ex. UFORE model - Urban Forest Effect, LAI-Leaf Area Index), analytical models (ex. Spatial modelling in GIS and simulations -, software I- Tree, etc. - punctually related to the site), and / or instrumental (e.g. Direct measurement of the variation of concentration levels of pollutants in foliar apparatus).

A significant example can be found in the design experimentation of the Proxima group for the Competition C40 (Via Serio site in Milan), which has developed - among others - also actions aimed at improving the quality of the area through NBS (trees, hedges, shrubs, lawns, ground cover, etc.). The simulations, which have considered several factors (exposure, meteorological data, ex-ante concentrations, etc.) and have evaluated for example the benefits, in terms of removal of air pollutants, deriving from the installation of 55 new trees of various essences (assuming its performance 15 years after planting) and the formation of bio-basins, provide the results shown in Table 5.

pato - tra le altre - anche azioni puntualmente finalizzate al miglioramento della qualità dell'area attraverso le NBS (alberi, siepi, arbusti, prati, tappezzanti, ecc.). Le simulazioni, che hanno considerato diversi fattori (esposizione, dati metereologici, concentrazioni ex-ante, ecc.) e hanno valutato ad esempio i benefici, in termini di rimozione degli inquinanti aerei, derivanti dall'impianto di 55 nuovi alberi di varie essenze (ipotizzandone le prestazioni a 15 anni dalla messa a dimora) e dalla formazione di biobacini, forniscono i risultati riportati nella Tabella 5.

PIANTUMAZIONI. TABELLA RELATIVA AGLI INDICATORI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI AEREI E MANCATA EMISSIONE DI CO2 EQ IN ATMOSFERA

	Numero	Rimozione inquinanti								CO2 equivalente
		O3		PM10		SO2		NO2		298 Kg CO2/Kg NO2
		Kg/albero *anno	Kg/anno	Kg/albero *anno	Kg/anno	Kg/albero *anno	Kg/anno	Kg/albero *anno	Kg/anno	Kg CO2 eq/anno
Celtis Australis	21	0.130	2.73	0.143	3.003	0.265	5.565	0.186	3.906	1163.988
Liriodendron Tulipifera	6	0.25	0.78	0.21	1.260	0.425	2.550	0.32	1.920	572.160
Liquidambar styraciflua	6	0.13	1.5	0.127	0.762	0.35	2.100	0.11	0.660	196.680
Fraxinus Hornus	8	0.35	1.04	0.125	1.000	0.05	0.400	0.1	0.800	238.400
Pyrus calleryana	4	0.05	1.4	0.05	0.200	0.1	0.400	0.05	0.200	59.600
Tilia platyphyllos	10	0.3	0.5	0.152	1.520	0.32	3.200	0.6	6.000	1788.000
Ligustrum lucidum	100	0.03	3	0.015	1.5	0.08	8.000	0.09	9.000	2682.000
Photinia red Robin	80	0.03	2.4	0.015	1.2	0.08	6.400	0.09	7.200	2145.600
TOTALI	**235**		**13.350**		**10.445**		**28.615**		**29.686**	**8846.428**

BIOBACINI E PRATI. TABELLA RELATIVA AGLI INDICATORI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI AEREI E MANCATA EMISSIONE DI CO2 EQ IN ATMOSFERA

		O3		PM10		SO2		NO2		CO2eq
Zone a biobacino	599	0.004492	2.690708	0.0006490	0.388751	0.001982	1.187218	0.002329	1.395071	415.731158
Zone a prato	1694	0.002871	4.863474	0.0005570	0.943558	0.001118	1.893892	0.001465	2.48171	739.54958
TOTALE	**2293**		**7.554182**		**1.332309**		**3.08111**		**3.876781**	**1155.28074**

Tab. 5 - Simulazioni progetto Proxima (Piantumazioni-Biobacini) / *Proxima project simulations (Plantings-Biobacins)* (Elaboration by Davide Cerati).

References

Cirillo, C.M. (2014), "Breve storia dell'inquinamento atmosferico in Italia", in *Gazzetta Ambiente, Rivista sull'ambiente e il territorio,* n. 4/2014, Alpes, Perugia.

CNEIA, (2006), *Relazione del gruppo di lavoro 1 della Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*.

EEA (2014), *Digest of EEA indicators 2014*, available at: https://www.eea.europa.eu/publications/digest-of-eea-indicators-2014.

EEA (2015), *Air quality report 2 2015,* Report, available at: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015 (accessed 26 June 2019)

EPA (2014), *Air quality index. A guide to ari quality and your health*, available at: https://web.archive.org/web/20171117011127/https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf (accessed 26 june 2019).

International Air Quality, available at: https://www.airnow.gov/index.cfm?action=airnow.international.

OECD (2008), *Handbook on contrstucting composite indicators, metodology and user guide*, available at: https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf

Websites

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/about

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators#c0=10&c12-operator=or&b_start=0

https://www.eionet.europa.eu

https://projects.eionet.europa.eu/sense

https://inspire.ec.europa.eu

Indicatore di riduzione di CO_2 e CO_2eq
Indicator of $C0_2$ and $C0_2$eq Reduction

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Roberto Bolici, *Politecnico di Milano*
Daniele Fanzini, *Politecnico di Milano*
Giovanni Castaldo, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Contesto culturale e tecnico

Il diossido di carbonio (CO_2) è parte dei cicli biogeochimici naturali quale risultato dell'ossidazione delle molecole organiche definite "carboniose". In natura è prodotto da batteri aerobici nei processi di fermentazione alcolica, o dalla respirazione degli animali e dell'uomo. Le piante utilizzano il diossido di carbonio per la fotosintesi, un processo che, grazie all'azione della luce solare e della clorofilla, fornisce loro il nutriente per la sussistenza. Nel ciclo naturale esiste un sostanziale equilibrio tra i flussi di produzione e consumo di CO_2, che ne mantiene stabile la concentrazione in atmosfera. Bruciando combustibili fossili e deforestando l'uomo ha però modificato tale equilibrio, innescando il progressivo accumulo di CO_2, e il conseguente effetto serra.

Lo scienziato svedese Svante Arrhenius fu il primo, nel 1896, a stabilire la correlazione tra l'utilizzo di combustibili fossili e l'aumento del riscaldamento globale. Considerando la capacità di assorbimento delle radiazioni infrarosse da parte del vapore acqueo e dell'anidride carbonica, egli stabilì una correlazione tra la concentrazione di CO_2 in atmosfera e l'aumento della temperatura superficiale media del pianeta attraverso l'effetto serra (Maslin, 2004).

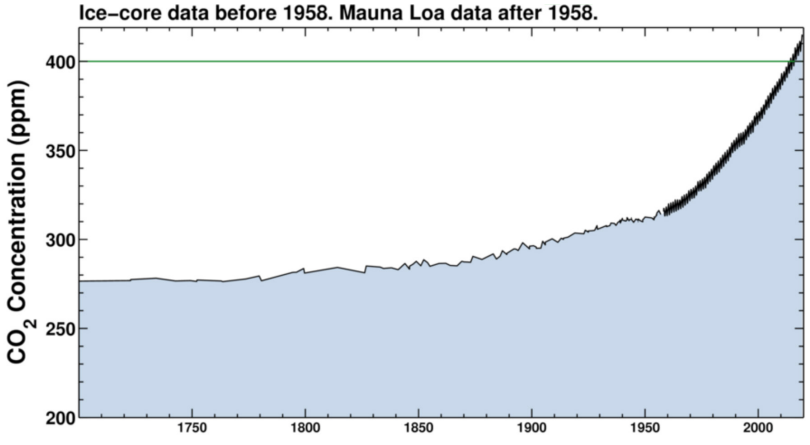


Fig. 1 - Aumento della concentrazione del CO_2 in atmosfera dal periodo pre-industriale ad oggi / *Increase in the concentration of CO_2 in the atmosphere from the pre-industrial period to the present* (Source: https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/CO2_800k_zoom.png).

The technical and cultural context

The carbon dioxide (CO_2) is part of the natural biogeochemical cycles as a result of the oxidation of organic molecules called "carbon". In nature it is produced by aerobic bacteria in alcoholic fermentation processes, or by the respiration of animals and humans. Plants use carbon dioxide for the photosynthesis, a process that, due to the action of the sunlight and the chlorophyll, provides them with the nutrient for subsistence.

In the natural cycle there is a substantial balance between the flows of production and consumption of CO_2, which keeps stable the concentration in the atmosphere. Through the burning of fossil fuels and the deforestation this balance is changed, triggering the progressive accumulation of CO_2 and the consequent greenhouse effect.

The Swedish scientist Svante Arrhenius was the first, in 1896, to recognize the correlation between the use of fossil fuels and the increase in global warming. Considering the capacity of absorption of infrared radiation by water vapor and carbon dioxide, he established a correlation between the concentration of CO_2 in the atmosphere and the increase of the average surface temperature of the planet through the greenhouse effect (Maslin, 2004).

The Keeling curve (a diagram that indicates the seasonal cyclic trend of the concentration of CO_2 in the atmosphere) records the constant increase in CO_2 values from the 1950s to today. In 2013 the threshold of 400 parts per million (ppm) was exceeded, a value that had not been reached on Earth for millions of years. But if the overcoming of this threshold seemed an absolutely exceptional event, the value of 414.15 recorded on the 3rd of May 2019 at the Mauna Loa observatory in Hawaii was even more striking, as it was close to the threshold of 450 ppm, threshold over which the increase of temperature could exceed the so-called point of no return (Aengenheyster et al., 2018).

The increase in the global average surface temperature results today at least 1 degree higher than the pre-industrial period (from 1850 to 1900). According to the report of the Intergovernmental Panel on global warming, if we continue to

release greenhouse gases into the atmosphere at current rates, this increase could reach a value of +1.5 ° C (0.5 ° C lower than the point of no return) within twenty years. The most worrying thing is that, even in the case of a significant reduction in the emission of greenhouse gases into the atmosphere, the temperature growth trend will continue at least until the year 2055, before recording a reversal trend (Allen et al., 2018).

Although in 2015 the carbon dioxide has been recognized by all the signatory Countries of the final document of the Paris Conference 2015 (COP21) as the cornerstone for the effective control of the climate change, some countries such as China, the United States and India have increased their emissions. Monitoring and assessing the situation through appropriate indicators and measurement methodologies is the necessary precondition for the development of adequate policies and strategies to face the global warming.

Concentration of CO_2 in atmosphere: measurement and application

The CO_2 present in the atmosphere is measured in % with respect to the unit of volume or in ppm (parts per million). The most common measurement technologies include: thermal detectors (useful in particular for the determination of losses of CO_2 from reservoirs or confinement fields), monitors with continuous emission (CEM) for the evaluation of the efficiency of capture and laser and diodes spectrometers for atmospheric measurements. The main CO_2 monitoring technologies in the atmosphere are based on the use of appropriate sensors, which exploit IR Infrared Radiation, or accelerators for mass spectrometry AMS (Accelerator Mass Spectrometry).

A unique detection technology has recently been developed in the CNR laboratories. This is extremely high-precision laser spectroscopy, which allows the measurement of the small amounts of CO_2 present in nature (1 CO_2 molecule per thousand billion ordinary carbon dioxide molecules). The technology, which today still has a sensitivity at least 1000 times higher than the best existing alternative technologies, has already been scientifically validated and it will allow the portability of extremely high-precision measuring instruments throughout the world.

The measurements already carried out show that the growth rate of CO_2 concentration in the air has gone from 11.4 billion tons (Gt) CO_2 per year in the period 1960/2008 up to 34.4 $GtCO_2$ per year in the 2008-2017 period. In 2018, the article by a group of researchers from the Global Carbon Project, published in the journal Earth System Science Data at the same time of the United Nations climate summit (COP24) in Katowice (Poland), quantifies the achievement of the record of 37.1

La curva di Keeling (diagramma che indica l'andamento ciclico stagionale della concentrazione della CO_2 in atmosfera) registra il costante aumento dei valori di CO_2 dagli anni '50 a oggi. Era il 2013 quando venne superata la soglia delle 400 parti per milione (ppm), un valore che sulla Terra non si raggiungeva da milioni di anni. Ma se il superamento di tale soglia sembrò un dato del tutto eccezionale, il valore di 414,15 registrato il 3 maggio 2019 presso l'osservatorio di Mauna Loa alle Hawaii risultò ancora più eclatante, in quanto prossimo alla soglia di 450 ppm, soglia oltre la quale l'aumento della temperatura potrebbe eccedere il cosiddetto punto di non ritorno (Aengenheyster et al., 2018).

L'aumento della temperatura media superficiale globale risulta già oggi di almeno 1 grado superiore al periodo preindustriale (dal 1850 al 1900). Secondo la relazione del Panel Intergovernativo sul riscaldamento globale, se si continuerà ad immettere gas serra in atmosfera ai ritmi attuali, tale aumento potrebbe raggiungere il valore di +1,5 °C (0,5 °C inferiore rispetto al punto di non ritorno) entro vent'anni. La cosa più preoccupante è che, anche nel caso di una sensibile riduzione dell'immissione di gas serra in atmosfera, il trend di crescita della temperatura proseguirà almeno fino all'anno 2055, prima di registrare una inversione di tendenza (Allen et al., 2018).

Sebbene nel 2015 il diossido di carbonio sia stato riconosciuto da tutti i Paesi firmatari del documento finale della Conferenza di Parigi 2015 (COP21) come il caposaldo per l'effettivo controllo dei cambiamenti climatici, alcuni paesi quali Cina, Stati Uniti e India hanno aumentato le loro emissioni. Monitorare e valutare la situazione attraverso opportuni indicatori e metodologie di misurazione è la pre-

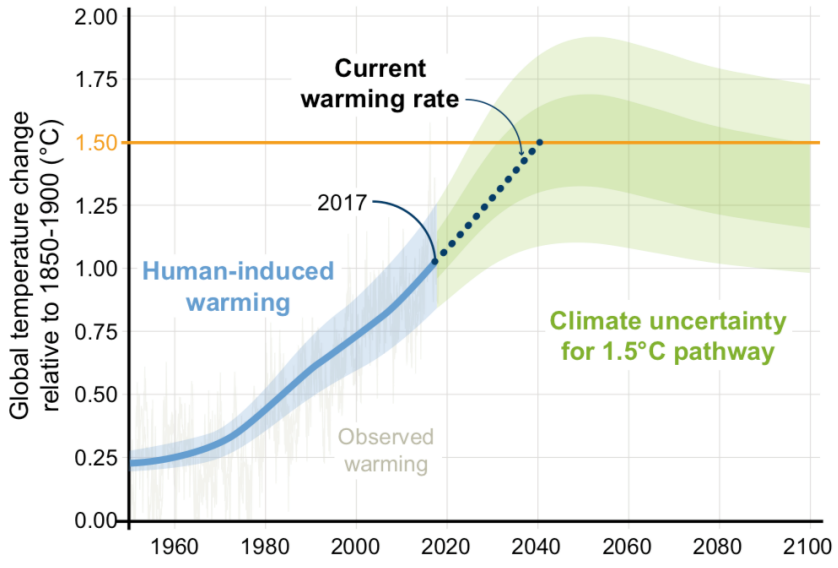


Fig. 2 - Crescita della temperatura globale e soglia per una possibile inversione di tendenza in caso di immediata riduzione delle emissioni / *Global temperature growth and threshold for a possible reversal trend in case of immediate emission reduction* (Source: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf).

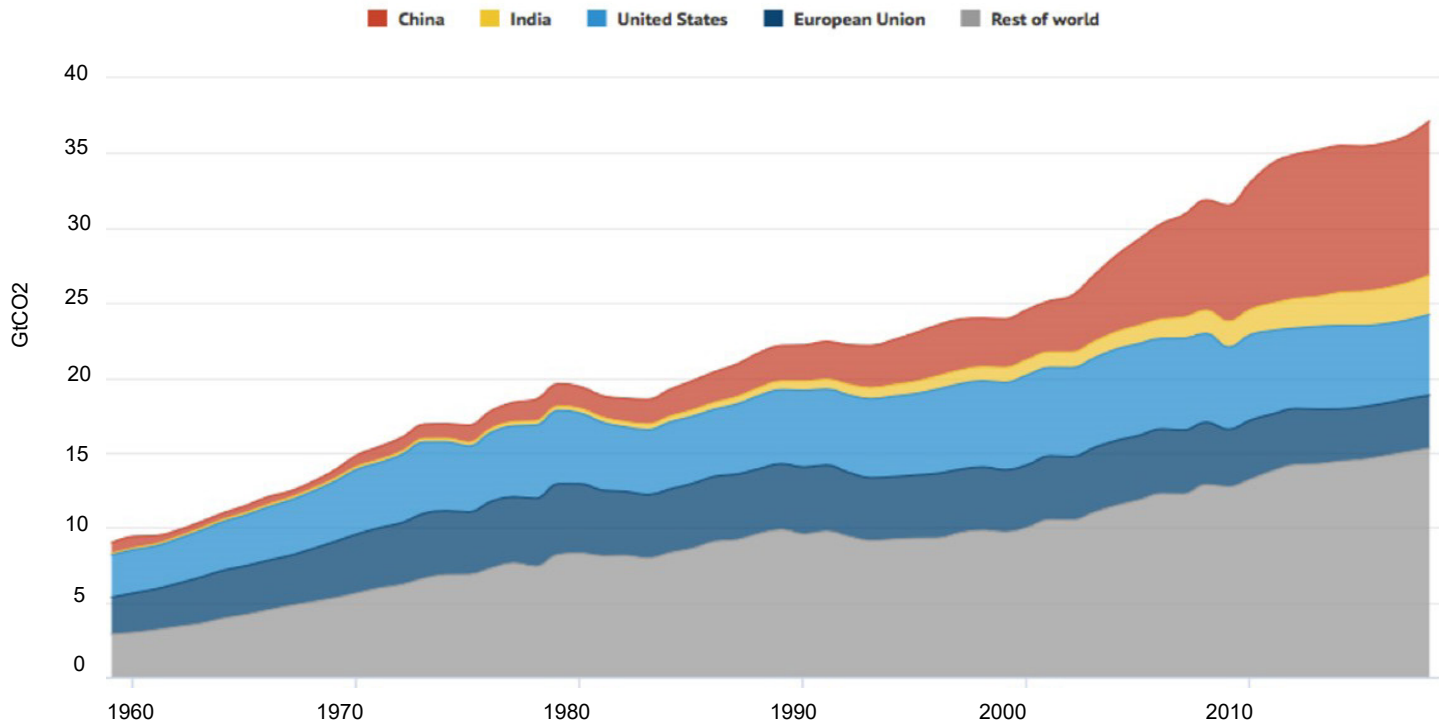


Fig. 3 - Emissioni annuali CO_2 da combustibili fossili per principali Paesi emettitori e per il resto del mondo (1959-2018), in miliardi ti tonnellate di CO_2 l'anno ($GtCO_2$ a-1). Per il 2018 i dati sono stime preliminary / *Annual CO_2 emissions from fossil fuels for major emitting countries and for the rest of the world (1959-2018), in billions of tons of CO_2 per year ($GtCO_2$ a-1). For 2018 the data are preliminary estimations* (Source: Global Carbon Project).

condizione necessaria allo sviluppo di adeguate politiche e strategie di contrasto al surriscaldamento globale.

Concentrazione di CO_2 in atmosfera: misurazione e applicazione

La CO_2 presente in atmosfera si misura in % rispetto all'unità di volume o in ppm (parts per million). Tra le tecnologie di misurazione più comuni si segnalano: i rilevatori termici (utili soprattutto per determinare perdite di CO_2 da serbatoi o giacimenti di confinamento), i monitor a emissione continua (CEM) per la valutazione dell'efficienza di cattura e gli spettrometri laser a diodi per le misure atmosferiche. Le principali tecnologie di monitoraggio della CO_2 in atmosfera si basano sull'utilizzo di opportuni sensori, che sfruttano la Radiazione Infrarossa IR, o acceleratori per spettrometria di massa AMS (Accelerator Mass Spectrometry).

Nei laboratori del CNR è stata recentemente messa a punto una tecnologia di rilevamento unica e al momento ineguagliata. Trattasi della spettroscopia laser di altissima precisione, che consente di misurare le minime quantità di CO_2 presenti in natura (1

billion tons of CO_2 equivalent year.

Measurements of CO_2 concentrations in the atmosphere allow to make predictions about the future climate, also in order to define possible strategies to combat negative effects. The approaches to this type of study have changed considerably over the years: from the first political attempts based on the "command and control" principle of the Seventies, to the more effective market system "cap and trading" off the Kyoto Protocol in the Nineties and to the still more effective strategy that today aims to consider CO_2 as a good (not a waste) that can be economically valorised.

It is already possible today to use CO_2 in the agri-food industry as a preservative solution for food or beverage gasifier, in the chemical industry as a raw material for obtaining construction materials (polycarbonates) and in the production of fuels. A promising technology foresees the possibility of using solar furnaces to dissociate CO_2 into CO and O_2, and thus feeding fuel cells or loose carbonates (MCFC) to produce electricity and heat (ISPRA, 2018).

Solutions for the reduction of CO_2 in atmosphere

The European Platform on adaptation to the climate change launched in 2012 based on the objectives of the 2009 White

Paper provides useful tools to support policies to make Europe more resilient to the climate change. In the European strategy there is a strong reference to adaptation actions that can be implemented at the urban level. The Mayors Agreement, an initiative that involves 4,000 local authorities on a voluntary basis, aims to correlate these strategies with other policies for improving the quality of life in urban contexts.

In June 2015, with the Directive Decree n.86, Italy approved its own National Strategy for Adaptation to Climate Change (SNAC). To implement this strategy, in 2016 the process of multi-sectoral involvement and interaction between bodies, territories, politicians, experts and scholars was launched, which would shortly lead to the National Plan for Adaptation to Climate Change (PNACC). The PNACC has the main goal of identifying a set of connected and synergic activities for adaptation to climate change, articulating four specific objectives: limiting the vulnerability of natural, social and economic systems to the impacts of climate change, increasing adaptability, improving the exploitation of opportunities and encouraging the coordination of actions at different levels.

Within these guidelines, the Green City National Conference aims to support the commitment of cities to tackle climate change, opening a debate that can lead them to become active subjects. The second edition of the Conference, held at the Politecnico di Milano on the 16th of July 2016, had as its central theme the promotion and updating of the plans of measures for adaptation and mitigation. During the Conference, the Declaration for the Green City Climate Adaptation and the decalogue were presented: 1 - defining and updating plans and measures for climate adaptation in the cities; 2 - integrating adaptation measures with mitigation measures (renewable energies, energy

molecola di CO_2 ogni mille miliardi di molecole di anidride carbonica ordinaria). La tecnologia, che a tutt'oggi possiede una sensibilità almeno 1000 volte maggiore delle migliori tecnologie alternative esistenti, è già stata scientificamente validata e consentirà la portabilità di strumenti di misura di altissima precisione in tutto il mondo.

Le misurazioni sino ad oggi effettuate indicano che il tasso di crescita della concentrazione di CO_2 nell'aria è passato dal ritmo 11,4 miliardi di tonnellate (Gt) CO_2 l'anno nel periodo 1960/2008, a 34,4 GtCO_2 l'anno nel periodo 2008-2017. Nel 2018 l'articolo di un gruppo di ricercatori del *Global Carbon Project,* pubblicato sulla rivista *Earth System Science Data* in concomitanza con l'avvio del vertice sul clima (COP24) delle Nazioni Unite a Katowice (Polonia), quantifica il raggiungimento della cifra record di 37,1 miliardi di tonnellate di CO_2 equivalente anno.

Le misurazioni delle concentrazioni di CO_2 in atmosfera permettono di effettuare previsioni sul clima futuro, anche al fine di definire possibili strategie di contrasto degli effetti negativi. Gli approcci a questo tiupo di studi sono cambiati notevolmente nel corso degli anni: dai primi tentativi politici basati sul principio "*command and control*" degli anni '70, si passa, negli anni '90, al più efficace sistema di mercato "*cap and trading*" del Protocollo di Kyoto e all'ancora più efficace odierna strategia che punta a considerare il CO_2 come una commodity (non un rifiuto) passibile di essere valorizzata anche economicamente.

È già oggi possibile utilizzare la CO_2 nell'industria agro-alimentare come conservante per i cibi o gassificatore di bevande, nell'industria chimica come materia prima per ottenere materiali da costruzioni (policarbonati) e nella produzione di combustibili. Una promettente tecnologia prevede la possibilità di usare fornaci solari per dissociare la CO_2 in CO e O_2, e così facendo alimentare celle a combustibili o carbonati sfusi (MCFC) per la produzione di energia elettrica e termica (ISPRA, 2018).

Soluzioni che influiscono sulla riduzione della CO_2 in atmosfera

La Piattaforma Europea sull'adattamento ai cambiamenti climatici lanciata nel 2012 a partire dagli obiettivi del Libro Bianco 2009 fornisce utili strumenti di sostegno alle politiche per rendere l'Europa più resiliente ai cambiamenti climatici. Nella strategia europea c'è un forte riferimento alle azioni di adattamento realiz-

Combustibili	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
					gCO_2/kWh lorda					
Solidi	876,9	863,2	852,0	914,9	889,7	873,7	862,5	882,1	876,7	899,9
Gas naturale	530,2	519,1	480,4	396,2	388,2	381,8	384,5	369,8	373,1	365,0
Gas derivati	1.816,4	1.855,8	1.498,3	1.906,3	1.664,9	1.630,0	1.495,9	1.606,0	1.793,9	1.624,8
Prodotti petroliferi	683,5	674,0	713,0	675,1	681,1	614,9	629,4	566,0	584,9	564,6
Altri combustibili[1]	1,231,6	540,0	265,0	296,8	256,6	240,9	212,9	156,4	153,1	144,0
Altri combustibili[2]	2.463,1	2.439,8	1.253,1	1.394,8	1.385,8	1.373,1	1.385,9	1.322,5	1.323,1	1.294,3
Totale termoelettrico[1]	708,0	680,6	633,6	570,6	521,7	520,3	528,0	506,1	513,2	488,9
Totale termoelettrico [2]	708,2	681,7	638,0	581,8	544,0	546,3	560,3	555,5	574,5	544,0

[1] E' compresa l'elettricità prodotta da rifiuti biodegradabili, biogas e biomasse di origine vegetale.
[2] E' esclusa l'elettricità prodotta da rifiuti biodegradabili, biogas e biomasse di origine vegetale.

Tab. 1 - Fattori di emissione di anidride carbonica da produzione termoelettrica lorda per combustibile / *Factors of CO_2 emission in the termoelectric production* (Source: https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/R_280_18_Emissioni_Settore_Elettrico.pdf).

zabili a livello urbano. Il *Patto dei Sindaci*, un'iniziativa cui hanno aderito su base volontaria oltre 4.000 autorità locali, ha l'obiettivo di correlare tali strategie alle altre politiche di miglioramento della qualità della vita nei contesti urbani.

Nel giugno 2015 con decreto direttoriale n.86 l'Italia ha approvato una propria *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (SNAC). Per dare attuazione a tale strategia, nel 2016 è stato avviato il processo di coinvolgimento e interazione multisettoriale fra enti, territori, politici, esperti e studiosi che da lì a breve avrebbe portato al *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (PNACC). Il PNACC ha l'obiettivo ultimo di identificare un set di attività connesse e sinergiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, declinando quattro obiettivi specifici: contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali, sociali ed economici agli impatti dei cambiamenti climatici, incrementare la capacità di adattamento degli stessi, migliorare lo sfruttamento delle eventuali opportunità e favorire il coordinamento delle azioni a diversi livelli.

Nell'ambito di questi indirizzi, la Conferenza Nazionale delle Green City mira a supportare l'impegno delle città sul fronte del contrasto al cambiamento climatico, aprendo un dibattito che possa portarle a farsi soggetti attivi. La seconda edizione della Conferenza, svoltasi presso il Politecnico di Milano il 16 luglio 2016, ha avuto come tema centrale la promozione e l'aggiornamento dei piani delle misure per l'adattamento e la mitigazione. Nel corso della Conferenza sono stati presentati la *Dichiarazione per l'Adattamento climatico delle Green City* e il decalogo che ne struttura l'operatività: 1 - definire e aggiornare piani e misure per l'adattamento climatico nelle città; 2 - integrare le misure di adattamento con quelle di mitigazione (energie rinnovabili, risparmio energetico, mobilità sostenibile, economia circolare, ecc.); 3 - aggiornare la la valutazione de rischi e le misure di emergenza e di lungo termine (conoscenza degli impatti urbani del cambiamento climatico quale precondizione per reggere gli effetti del cambiamenti climatico); 4 - valorizzare le ricadute positive delle misure di adattamento contabilizzando i costi dovuti all'assenza di tali misure; 5 - sviluppare capacità adattive attraverso un processo di apprendimento continuo e continui aggiornamenti e circolazione delle buone pratiche; 6 - puntare di più sulle soluzioni basate sulla natura, di tipo multifunzionale, che offrono vantaggi di bioadattamento, qualità dell'aria, benessere sociale, riduzione del rischio idrogeologico; 7 - ridurre la vulnerabilità e i rischi delle precipitazioni intense riducendo l'impermeabilizzazione del suolo; 8 - affrontare gli effetti dell'isola di calore, anche attraverso le misure per il controllo bioclimatico degli edifici (radiazione solare, ventilazione, raffrescamento); 9 - promuovere investimenti nelle misure di adattamento, anche attraverso parternariati pubblico/privati e nuovi strumenti assicurativi; 10 - rafforzare la governance e il coordinamento degli uffici comunali e dei diversi livelli locale, regionale e nazionale, anche attraverso la partecipazione dei cittadini.

Al momento hanno già aderito al Protocollo più di quaranta realtà urbane di varia grandezza, tra cui Milano, Napoli e Roma. In questo contesto l'impiego delle soluzioni tecniche basate sulla natura (NBS), singolarmente o in modo sistematico e a rete sino a dar luogo a vere e proprie infrastrutture verdi e blu, riveste un ruolo centrale.

Il potenziale di assorbimento della $C0_2$ derivante da queste soluzioni - tree planting e forestazione, green roof, green walls, bio-basin - dipende dalle capacità di cattura e sequestro di carbonio da parte della vegetazione e del suolo (Davies et

savings, sustainable mobility, circular economy, etc.); 3 - updating risk assessment and emergency and long-term measures (knowledge of the urban impacts of climate change as a precondition to withstand the effects of climate change); 4 - enhancing the positive effects of adaptation measures by accounting for the costs due to the absence of such measures; 5 - developing adaptive skills through a continuous learning process and continuous updates and circulation of good practices; 6 - focusing more on the multi-functional nature-based solutions, which offer bio-adaptation, air quality, social well-being, reduction of hydrogeological risk; 7 - reducing the vulnerability and risks of intense precipitation by reducing soil sealing; 8 - facing the effects of the heat island, also through the measures for the bioclimatic control of buildings (solar radiation, ventilation, cooling); 9 - promoting investments in adaptation measures, including through public / private partnerships and new insurance instruments; 10 - strengthening the governance and coordination of municipal offices and of the different local, regional and national levels, also through the participation of citizens.

Currently, more than forty cities of different dimension have already joined the Protocol, including Milan, Naples and Rome.

In this context, the use of technical solutions based on nature (NBS), stand-alone or in a systematic and networked way such as real green and blue infrastructures, plays a central role.

The potential absorption of $C0_2$ deriving from these solutions - tree planting and forestation, green roofs, green walls, bio-basins – is based on the capturing and sequestration of carbon capacity of vegetation and soil (Davies et al., 2011; Pataki et al., 2006) and in any case requires a site specific punctual evaluation, because the performances can considerably vary even in relation to the conformation of the context and to the configuration of the adopted solutions. In coherence to their multifunctional nature, the benefits achievable through the NBSs and the GBIs must also be verified considering the possibility of integration with the mitigation policies and with the actions of adaptation. Indeed, it is relevant to consider the co-benefits terms of energy efficiency, improvement of the environmental quality and use of urban space.

In general terms, it can be assumed that, on an urban and district scale, the presence and/or the creation of large green areas and densely planted trees (large belt parks and large urban parks) can represent a significant resource in terms of "storage" of CO_2, more or less effective in relation to the leaf area index (LAI-Leaf Area Index) of the trees present, but certainly more significant than for example the green roofs or green walls.

The methods and tools for the evaluation of the capacity of sequestration of CO_2 of vegetation refer to direct measurements

(with extraction and weighing of the biomass from the root system of the plants) or to parametric estimations that take into account the characteristics of the trees (DBH- Diameter Breast Height), such as those at the base of the UFORE model developed by the USDA-United States Department of Agriculture, which can be implemented using the I-Tree software, which allows the calculation procedure to be adapted to the specificities of the environmental context and with reference to a high number of tree and shrub species.

al., 2011; Pataki et al., 2006) e richiede in ogni caso una valutazione puntuale *site specific*, perché le prestazioni possono variare in modo anche considerevole in relazione alla conformazione del contesto e alla stessa configurazione delle soluzioni adottate. In coerenza con la loro natura multifunzionale, i benefici conseguibili attraverso le NBS e le GBI devono inoltre essere verificati considerando la possibilità di integrare politiche di mitigazione e adattamento ad azioni di valorizzazione dei co-benefici derivanti ad esempio in termini di efficienza energetica e di miglioramento della qualità ambientale e fruitiva dello spazio urbano.

In termini generali si può assumere che, a scala urbana e di distretto, presenza e/o la formazione di aree verdi di grandi dimensioni e di densamente alberate (grandi parchi di cintura e parchi urbani di ampia estensione) possa rappresentare una risorsa rilevante in termini di "stoccaggio" di CO_2, più o meno efficace in relazione all'indice di area fogliare (LAI-Leaf Area Index) delle alberature presenti, ma certamente più significativa rispetto ad esempio ai green roof o ai green wall.

I metodi e gli strumenti per valutare la capacità di sequestro di CO_2 da parte della vegetazione fanno riferimento a misurazioni dirette (con estrazione e pesatura della biomassa direttamente dall'apparato radicale delle piante) o a stime parametriche che tengono conto delle caratteristiche delle alberature (DBH-Diameter Breast Height), quali quelle alla base del modello UFORE sviluppato dall'USDA-United States Department of Agriculture, implementabile attraverso l'utilizzo del software I-Tree, che consente di adattare il procedimento di calcolo alle specificità del contesto ambientale e con riferimento a un elevato numero di specie arboree e arbustive.

References

Aengenheyster, M., Qing Yi Feng, Q., van der Ploeg, F. & Dijkstra H.A. (2018) "The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance", *Earth Syem Dynamics*, vol. 9, pp. 1085-1095.

Allen, M.R., Dube, O.P. , Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Zickfeld, K. et al.(2018), "Framing and Context", in Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O., Pörtner, D., Roberts, J., Skea, P.R., Shukla, A., Pirani, W., Moufouma-Okia, C., Péan, R., Pidcock, S., Connors, J.B.R., Matthews, Y., Chen, X., Zhou, M.I., Gomis, E., Lonnoy, T., Maycock, M., Waterfield, T. et al.(eds), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf (accessed 22 july 2019).

IPCC (2018), *Special report: Global warming of 1,5°C*, available at: https://www.ipcc.ch/sr15/ (accessed 22 July 2019).

ISPRA (2018), available at: http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/R_280_18_Emissioni_Settore_Elettrico.pdf (accessed 22 July 2019).

Maslin, M. (2004), *Global Warming, a very short introduction*, Oxford University Press, Oxford.

Websites

Climate ADAPT, available at: https://climate-adapt.eea.europa.eu

Decreto Direttoriale 16 giugno 2015, n. 86, available at: https://www.minambiente.it/normative/decreto-direttoriale-16-giugno-2015-n-86-approvazione-del-documento-strategia-nazionale-di

Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamnti Climatici (PNACC), available at: https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf

Greenhouse Gases

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Roberto Bolici, *Politecnico di Milano*
Daniele Fanzini, *Politecnico di Milano*
Giovanni Castaldo, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Contesto culturale e tecnico

Le emissioni in atmosfera di anidride carbonica (CO_2) e di altri gas che concorrono al cosiddetto "effetto serra" hanno ormai raggiunto una soglia critica, tanto da divenire oggetto di policy internazionali e di interventi per la mitigazione e l'adattamento al *climate change*.Infatti le emissioni dei cosìddetti Green House Gasses (GHG) sono riconosciute come impattanti sul riscaldamento globale (GWP - *Global Warming Potential*). La valutazione delle emissioni rispetto al GWP necessita di comparare situazioni ambientalmente diversificate. L'"impronta di carbonio" o *carbon footprint* (CF), è lo strumento normalmente utilizzato per definire la quantità di GHG derivante da un prodotto o un servizio antropico.

In generale, la misurazione della CF può essere applicata a un'ampia gamma di prodotti e processi, attraverso un approccio metodologico piuttosto complesso e articolato, che richiede valutazioni estese al loro ciclo di vita (LCA), in grado di individuare e quantificare sia le risorse impiegate che le emissioni generate lungo l'intera filiera produttiva, estendendole alle fasi d'uso e gestione, sino al fine vita (materie prime utilizzate, trasporti necessari, consumo di energia e altre risorse, produzione dei rifiuti, emissioni in aria, acqua o suolo, ecc.).

Fino a poco tempo fa non esisteva una definizione univoca e una modalità di misurazione e quantificazione della CF e delle emissioni di GHG da considerare per la misurazione del GWP. Allo stesso modo non erano chiare le unità di misura e i limiti da considerare nell'analisi.

La pubblicazione del 2013 "*Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification*" diventa riferimento normativo unico per la definizione della CF e per la costruzione della norma ISO 14067:2018[1], che definisce la CF come «l'ammontare totale di gas ad effetto serra emessi direttamente o indirettamente da un'attività, un prodotto, un'azienda o una persona, ed è un indicatore dell'impatto che le attività umane hanno sui cambiamenti climatici».

La CF è dunque un indicatore ambientale che misura l'impatto delle attività umane sul GWP considerando sia l'emissione diretta di CO_2, sia quella dei GHG indicati dal Protocollo di Kyoto (CH_4, N_2O, HFCs, SF6, PFCs) e misurati in termini di "anidride carbonica equivalente" (CO_2eq). Tale quantificazione pondera il contributo di ogni gas all'aumento dell'effetto serra rispetto a quello della CO_2.

La CO_2eq è quindi l'unità di misura degli impatti sul GWP di una certa quantità

1 Recepita dall'UNI ed entrata in vigore in Italia il 30 ottobre 2018 (UNI EN ISO 14067:2018).

The technical and cultural context

The atmospheric emissions of carbon dioxide (CO_2) and other gases that contribute to the so-called "greenhouse effect" have now reached a critical threshold, so much so that they have become the subject of international policies and measures for the mitigation and adaptation to climate change. In fact, the emissions of the so-called Green House Gasses (GHG) are recognized as having an impact on global warming (GWP - Global Warming Potential). The assessment of emissions compared to GWP requires a comparison of environmentally diverse situations. The "carbon footprint" (CF) is the tool normally used to define the amount of GHG deriving from an anthropic product or service.

In general, the CF measurement can be applied to a wide range of products and processes, through a rather complex and articulated methodological approach, which requires assessments extended to their life-cycle (LCA), capable of identifying and quantifying both the resources and the emissions generated along the entire production chain, including the use and management phases, up to the end of life (raw materials used, necessary transport, consumption of energy and other resources, waste production, emissions to air, water or soil, etc.).

Until recently, there was no clear definition and no way of measuring and quantifying CF and GHG emissions to be considered for measuring GWP. In the same way, the units of measurement and the limits to be considered in the analysis were not clear.

The 2013 publication Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification becomes the regulatory reference for the definition of the CF and for the construction of the ISO 14067: 2018[1] standard, which defines the CF as «the total amount of greenhouse gases emitted directly or indirectly by an activity, a product, a company or a person, and it is an indicator of the impact that human activities have on climate change».

1 Recognized by UNI and come into effec in Italy on October the 30th 2018 (UNI EN ISO 14067:2018).

CF is therefore an environmental indicator that measures the impact of human activities on the GWP considering both the direct emission of CO_2 and that of the GHG indicated by the Kyoto Protocol (CH_4, N_2O, HFCs, SF_6, PFCs) and measured in terms of "carbon dioxide equivalent" (CO_2eq). This quantification weighs the contribution of each gas to the increase in the greenhouse effect compared to that of CO_2.

CO_2eq is therefore the unit of measurement of the impacts on the GWP of a certain amount of greenhouse gas compared to the same amount of carbon dioxide (CO_2) and is used to compare and sum together the contributions of the various GHGs[2].

In recent years, various reference standards have been developed which guarantee the methodology and correctness of measurements, and which constitute an effective system for comparing the CF of different products and services. The references most applied are: ISO 14044 Standard (PAS 2050, by the British Standard Institution http://www.bsigroup.com/PAS2050; WRI / WBCSD GHG Protocol Product Standard, developed by the World Resource Institute and World Business Council for Sustainable Development http://www.ghgprotocol.org/standards).

Measurement and application

There are two main fields of application for CF. The first is applied and it measures the so-called "product CF". Generally expressed in tons of CO_2eq, it considers the overall emissions of all life stages, comparing them to the GWP of the CO_2 (taking into account the supply and treatment phases of the raw materials, those of processing for the production of the product / service, storage and transport, the use and management phase, end of life disposal). The second, defined as the "organization CF"[3], considers the resources consumed and the emissions produced by the companies that deal with the production of goods and the provision of services.

These applications derive from the need to contain globally the GHG emissions. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) of 1992 set for the first time the goal of stabilizing the concentration of greenhouse gases in the atmosphere. The Kyoto Protocol, the most important im-

Inquinante	GWP
CO_2 – Anidride carbonica	1
CH4 – Gas metano	21
N2O – Ossido di diazoto	310
SF6 – Esafluoruro di zolfo	23900
PCF – Composti perfluorurati	6500 ÷ 9200
HFC – Idrofluorocarburi	140 ÷ 11700

Tab. 1 - GWP dei principali gas inquinanti / *GWP of the main pollunting gases* (Source: IPCC, 2007).

di gas serra rispetto alla stessa quantità di anidride carbonica (CO_2) e viene utilizzata per confrontare e sommare tra loro i contributi dei diversi GHG[2].

Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi standard di riferimento che garantiscono la metodologia e la correttezza delle misure, e che costituiscono un sistema efficace per comparare la CF di prodotti e servizi diversi. I riferimenti maggiormente applicati sono: Standard ISO 14044 (PAS 2050, a cura del British Standard Institution http://www.bsigroup.com/PAS2050; WRI/WBCSD GHG Protocol Product Standard, sviluppato dal World Resource Institute e World Business Council for Sustainable Development http://www.ghgprotocol.org/standards).

Misurazione e applicazione

Due sono i principali campi di applicazione della CF.

Il primo è applicato e misura la cosiddetta "CF di prodotto". Generalmente espressa in tonnellate di CO_2eq, considera le emissioni complessive di tutte le fasi di vita, rapportandole al GWP della CO_2 (la contabilità considera le fasi di approvvigionamento e trattamento delle materie prime costitutive, quelle di lavorazione per la produzione del prodotto/servizio, lo stoccaggio e i trasporti, la fase di utilizzo e gestione, lo smaltimento a fine vita). Il secondo, definito come la "CF di organizzazione"[3], considera le risorse consumate e le emissioni prodotte dalle aziende che si occupano di produzione di beni e fornitura di servizi.

Tali applicazioni derivano dall'esigenza di contenere a livello globale le emissioni di GHG. La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) del 1992 ha posto per la prima volta l'obiettivo di stabilizzare la concentrazione dei gas serra in atmosfera. Il Protocollo di Kyoto, il più importante strumento attuativo della Convenzione, ha imposto una riduzione delle emissioni di GHG pari ad almeno il 5% rispetto ai valori del 1990, impegnando i Paesi sottoscrittori ad adeguare di conseguenza le proprie emissioni, anche attraverso forme di cooperazione e criteri compensativi. Nel 2016 i partner della Conven-

2 *The equivalences between CO_2 and GHG were developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, which associated with each gas a "global warming potential-GWP" comparable to the effects of CO_2 in a given interval of time, taking CO_2 as the reference gas (CO_2 GWP = 1).*

3 *For "Organization", the ISO 14064 standard means both Companies and Supra-corporate organizational structures (such as holding companies, groups, etc.) but also, in a broader sense, individual construction sites, production sites, tenders, etc.*

2 Le equivalenze tra CO_2 e GHG sono state elaborate dal Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), che ha associato a ogni gas un "potenziale di riscaldamento globale-GWP" equiparabile agli effetti della CO_2 in un dato intervallo di tempo, assumendo la CO_2 come gas di riferimento (GWP della CO_2=1).

3 Per "Organizzazioni" lo standard ISO 14064 intende sia Aziende o Strutture organizzative sovra-aziendali (quali Holding, Gruppi, etc.) ma anche, in senso più ampio, singoli cantieri, siti produttivi, appalti, etc.

zione hanno deciso nuove misure per limitare l'aumento medio della temperatura globale, riportandolo a valori inferiori a livelli pre-industriali. Per raggiungere tale obiettivo, oltre alle soluzioni di contrasto basate sui limiti all'emissione di GHG, è stata riconosciuta l'importanza di ridurre quelli già presenti in atmosfera.

I principali sono il vapore acqueo (H_2O), l'anidride carbonica (CO_2), il protossido di azoto (N_2O), il metano (CH_4), i fluorocarburi (PFC) e l'esasolfuro di zolfo (SF_6). Di origine sia naturale che antropica, ciascuno di essi ha uno specifico impatto sul sistema climatico il cui valore è calcolato considerandone la forzante

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m^{-2} ppb^{-1})	Global Warming Potential for Given Time Horizon			
				SAR[‡] (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO_2	See below[a]	[b]1.4x10^{-5}	1	1	1	1
Methane[c]	CH_4	12[c]	3.7x10^{-4}	21	72	25	7.6
Nitrous oxide	N_2O	114	3.03x10^{-3}	310	289	298	153
Substances controlled by the Montreal Protocol							
CFC-11	CCl_3F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl_2F_2	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	$CClF_3$	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl_2FCClF_2	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	$CClF_2CClF_2$	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	$CClF_2CF_3$	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	$CBrF_3$	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	$CBrClF_2$	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	$CBrF_2CBrF_2$	20	0.33		3,680	1,640	503
Carbon tetrachloride	CCl_4	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Methyl bromide	CH_3Br	0.7	0.01		17	5	1
Methyl chloroform	CH_3CCl_3	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	$CHClF_2$	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	$CHClFCF_3$	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH_3CCl_2F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH_3CClF_2	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	$CHCl_2CF_2CF_3$	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	$CHClFCF_2CClF_2$	5.8	0.32		2,030	595	181
Hydrofluorocarbons							
HFC-23	CHF_3	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,200
HFC-32	CH_2F_2	4.9	0.11	650	2,330	675	205
HFC-125	CHF_2CF_3	29	0.23	2,800	6,350	3,500	1,100
HFC-134a	CH_2FCF_3	14	0.16	1,300	3,830	1,430	435
HFC-143a	CH_3CF_3	52	0.13	3,800	5,890	4,470	1,590
HFC-152a	CH_3CHF_2	1.4	0.09	140	437	124	38
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	34.2	0.26	2,900	5,310	3,220	1,040
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	240	0.28	6,300	8,100	9,810	7,660
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	7.6	0.28		3,380	1030	314
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	8.6	0.21		2,520	794	241
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	15.9	0.4	1,300	4,140	1,640	500
Perfluorinated compounds							
Sulphur hexafluoride	SF_6	3,200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,600
Nitrogen trifluoride	NF_3	740	0.21		12,300	17,200	20,700
PFC-14	CF_4	50,000	0.10	6,500	5,210	7,390	11,200
PFC-116	C_2F_6	10,000	0.26	9,200	8,630	12,200	18,200

Tab. 2 - Conversione dei GHG in CO_2eq secondo diversi orizzonti temporali (Source: Ricerche IPCC/TEAP, 2005).

plementing instrument of the Convention, imposed a reduction of GHG emissions of at least 5% compared to 1990 values, committing the signatory countries to adjust their emissions accordingly, also through forms of cooperation and compensatory criteria. In 2016, the partners of the Convention decided on new measures to limit the average increase in global temperature, bringing it back to values lower than pre-industrial levels. To achieve this goal, in addition to the contrast solutions based on the limits on the emission of GHG, the importance of reducing those already present in the atmosphere was recognized.

The main ones are water vapor (H_2O), carbon dioxide (CO_2), nitrous oxide (N_2O), methane (CH_4), fluorocarbons (PFC) and sulfur hexasulphide (SF_6). Of both natural and anthropic origin, each of them has a specific impact on the climate system whose value is calculated considering its forcing radiative, concentration and permanence in the atmosphere.[4] Considering the quantities of GHG emitted into the atmosphere, it is possible to carry out analyzes, estimates and comparisons of their degree of contribution to the greenhouse effect and the determination of the quantity of CO_2eq in relation to the quantity of carbon dioxide (CO_2) (tab. 2).

The Figure 1 hows the variation of the contributions of single gases to the CO_2eq. from 1950 to 2016[5], meanwhile the Figure 2 shows the increasing concertation of CO_2 in atmosphere for the last 50 years.

The conversion of a GHG into tons of CO_2eq also considers the time spent in the atmosphere. The conversion figure is currently valued on a 100-year basis.

The European Environment Agency (EEA) contemplates different methods for aggregating the concentration of GHG, as well as various units of measurement to express the potential of GWP associated with the individual gas. With reference to the first aspect, three different approaches are considered: grouping only the six gases produced by man considered by the Kyoto Protocol; grouping the Kyoto Protocol gases and the Montreal Protocol gases (chlorofluorocarbons, hydrochlorofluorocarbons and chloroform); considering all greenhouse gases including ozone, water vapor and aerosols[6].

The EU Regulation n. 517 of 16th of April 2014 supplies the GWP of different mixtures and describes the method for calcu-

4 *https://climatepolicyinfohub.eu/glossary/co2eq*

5 *https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment/#fieldset-legend-a1683190941e4d41adef1c04b99599ae-0*

6 *https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment/#fieldset-legend-a1683190941e4d41adef1c04b99599ae-0*

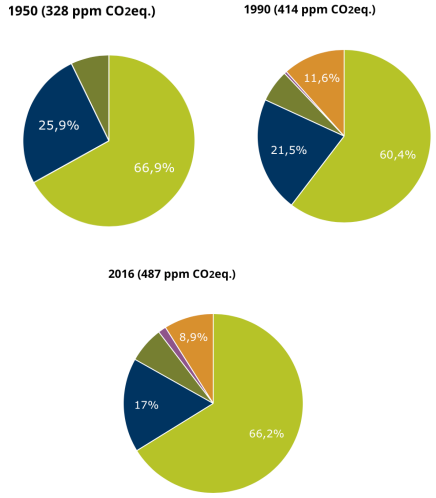


Fig. 1 - Contributo dei gas alla CO_2eq dal 1950 al 2016 / *Gases contributions to CO_2eq from 1950 to 2016* (Source: EEA).

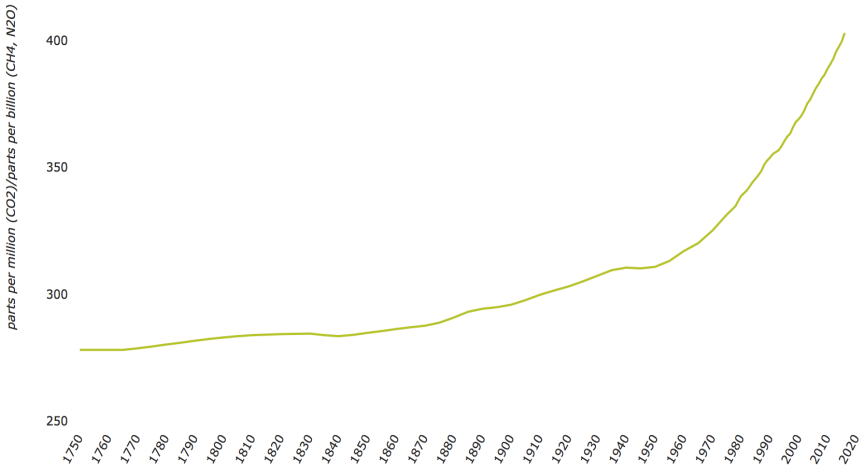


Fig. 2 - Andamento della concentrazione di CO_2 in atmosfera / *CO_2 concentration in atmopsfhere* (Source: European Environment Agency, 2019).

lating the CO_2 of different aggregate gases. The method is based on the weighted average obtained from the sum of the weight fractions of the individual substances multiplied by the respective global warming potential (GWP), according to the formula:

Σ (substance X% X GWP) + (substance Y% X GWP) + (substance N% X GWP),

where% is the contribution by weight with a tolerance of ± 1%.

Normally the calculation methodology used to quantify GHG emissions is based on the multiplication between the "Activity data"[7] and the corresponding "Emission factor"[8].

Finally, the data collected contribute to the construction of an GHG inventory of the activity under consideration.

The limits of the evaluation are highlighted mainly in the following aspects:

- *on the one hand, the availability of the "Activity data" considers whether the data are available, estimated and accurate and if the registration system needs improvement. The procedure defined by the standards provides assigning values on a scale from 1 to 3 as follows: data not available (1); estimated data (2); accurately calculated or reliably mea-*

radiativa, la concentrazione e la permanenza in atmosfera.[4] Partendo dai quantitativi di GHG emessi in atmosfera, è possibile effettuare analisi, stime e comparazioni del loro grado di contribuzione all'effetto serra e alla determinazione della quantità di CO_2eq in rapporto alla quantità di anidride carbonica (CO_2) (Tab. 2).

La Figura 1 indica il variare del contributo dei singoli gas alla CO_2eq dal 1950 al 2016[5], mentre la Figura 2 mostra l'innalzamento della concentrazione di CO_2 in atmosfera degli ultimi 50 anni. La conversione in tonnellate di CO_2eq di un GHG considera anche il tempo di permanenza in atmosfera. Attualmente il dato di conversione è valutato su base 100 anni. L'Agenzia Europea per l'Ambiente *(European Environment Agency - EEA)* contempla diversi metodi per aggregare la concentrazione dei GHG, così come varie unità di misura per esprimere il potenziale di GWP associato al singolo gas. Con riferimento al primo aspetto sono considerati fondamentalmente tre diversi approcci: raggruppare i soli sei gas prodotti dall'uomo considerati dal Protocollo di Kyoto; raggruppare i gas del Protocollo di Kyoto e i gas del Protocollo di Montreal (clorofluorocarburi, idroclorofluorocarburi e cloroformio); considerare tutti i gas a effetto serra compresi ozono, vapore acqueo e gli aerosol[6].

Il Regolamento (UE) n. 517 del 16/04/2014 fornisce il GWP di diverse miscele e descrive il metodo per calcolare la CO_2 di diversi gas aggregati. Il metodo si basa sulla media ponderata ottenuta dalla somma delle frazioni di peso delle singole sostanze moltiplicate per il rispettivo potenziale di riscaldamento globale (GWP), secondo la formula:

Σ (sostanza X % X GWP) + (sostanza Y % X GWP) + (sostanza N % X GWP)

7 *The "Activity Data" is the quantity, generated or used, which describes the activity, expressed in terms of energy (J or MWh, mass (Kg) or volume (mc or l).*

8 *The "Emission factor" is the factor that can transform the quantity into the consequent emission of GHG, expressed in CO_2 emitted per unit of given activity.*

4 https://climatepolicyinfohub.eu/glossary/co2eq

5 https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment/#fieldsetlegend-a1683190941e4d41adef1c04b99599ae-0.

6 https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment/#fieldsetlegend-a1683190941e4d41adef1c04b99599ae-0

dove % è il contributo in peso con una tolleranza pari a ± 1 %.

Normalmente la metodologia di calcolo utilizzata per quantificare le emissioni di GHG è basata sulla moltiplicazione tra il "Dato attività"[7] e il corrispondente "Fattore di emissione"[8]. I dati raccolti concorrono infine alla costruzione di un inventario dei GHG dell'attività presa in esame. I limiti della valutazione si evidenziano principalmente nei seguenti aspetti:

- da una parte la disponibilità del "dato attività" considera se i dati sono disponibili, stimati e accurati e se il sistema di registrazione necessita miglioramenti. La procedura definita dalle norme prevede di assegnare valori su una scala da 1 a 3 come segue: dati non disponibili (1); dati stimati (2); dati calcolati accuratamente o misurati in modo affidabile (3);
- dall'altra, l'affidabilità del "fattore di emissione" tiene in considerazione se il fattore risulta da una fonte attendibile quale, ad esempio, un'organizzazione nazionale o internazionale, oppure un gruppo indipendente; anche in questo caso la scala di riferimento va da 1 a 3 come segue: assenza di fattori di emissione (1); fattori di emissione riportati in riviste o database scientifici, ma non completamente rappresentativi delle condizioni del sito (2); fattori di emissione riportati da organizzazioni nazionali o internazionali o misurati in accordo con gli standard internazionali, e completamente rappresentativi delle condizioni del sito (3).

Ne risulta che la qualità della valutazione dipende dal grado di disponibilità del "Dato attività" e dall'affidabilità del "Fattore di emissione". Più il punteggio conseguito sarà alto, più alto sarà il grado di affidabilità.

Soluzioni che influiscono sulla riduzione del GWP

In letteratura sono disponibili numerosi studi su metodologie e buone pratiche per la rimozione della CO_2 e/o dei GHG dall'atmosfera: si va dalle soluzioni di geo-ingegneria per la cattura e lo stoccaggio del carbonio nel sottosuolo, al rimboschimento diffuso, sino alla possibilità di utilizzare particolari tecnologie chimico/fisiche, come per esempio le basse temperature.

Williamson (2016) fornisce una sintesi di queste tecnologie, ponendo il tema fondamentale della valutazione della loro efficacia in rapporto alla scala di applicazione.

Nei contesti di rigenerazione urbana sostenibile e resiliente, le NBS (piantumazioni, bio-bacini di infiltrazione e ritenzione, prati, tetti e muri verdi) costituiscono una delle soluzioni più efficaci per l'assimilazione della CO_2 presente in atmosfera e per la riduzione di GHG. I benefici ecologico ambientali prodotti dall'uso di tali soluzioni non sono solo quelli diretti (assimilazione della CO_2, cattura degli inquinanti aerei, inclusi il GHG e l'NO_2), ma anche quelli che contribuiscono alla riduzione della CF di organizzazione e di prodotto (minori emissioni per la gestione delle acque nei sistemi idrici integrati e per la climatizzazione degli edifici).

I benefici ambientali connessi alla riduzione della CO_2eq da parte delle NBS, in ogni caso, possono variare - anche considerevolmente - in ragione delle condizioni climatiche e botaniche, e anche delle modalità di realizzazione dei sistemi naturali di infiltrazione (biobacini e tetti verdi).

sured data (3);

- *on the other, the reliability of the "Emission factor" takes into account whether the factor is from a reliable source such as, for example, a national or international organization, or an independent group; also in this case the reference scale goes from 1 to 3 as follows: absence of emission factors (1); emission factors reported in scientific journals or databases, but not completely representative of the site conditions (2); emission factors reported by national or international organizations or measured in accordance with international standards, and fully representative of the site conditions (3).*

As a result, the quality of the assessment depends on the degree of availability of the "Activity data" and on the reliability of the "Emission factor". The higher the score, the higher the degree of reliability.

Solutions that affect GWP reduction

In literature, numerous studies are available on methodologies and good practices for removing CO_2 and / or GHG from the atmosphere: ranging from geoengineering solutions for the capture and storage of carbon in the subsoil, to widespread reforestation, up to possibility of using particular chemical/physical technologies, such as low temperatures.

Williamson (2016) provides an interesting summary of these technologies, placing the fundamental theme of evaluating their effectiveness and impact in relation to the scale of application.

In contexts of sustainable and resilient urban regeneration, NBS (plantations, bio-infiltration and retention basins, lawns, roofs and green walls) constitute one of the most effective solutions for the assimilation of the CO_2 present in the atmosphere and for the reduction of GHG.

The ecological environmental benefits produced by the use of these solutions are not only direct (assimilation of CO_2, capture of air pollutants, including GHG and NO_2), but also those that contribute to the reduction of the organization and product CF (lower emissions for water management in integrated water systems and for building air conditioning).

The environmental benefits associated with the reduction of CO_2eq by the NBS, in any case, can vary - also considerably - due to the climatic and botanical conditions, as well as to the methods of realization of the natural infiltration systems (bio-basins and green roofs).

7 Il "Dato attività" è la quantità, generata o utilizzata, che descrive l'attività, espressa in termini di energia (J o MWh, massa (kg) o volume (mc o l).

8 Il "Fattore di emissione" è il fattore che può trasformare la quantità nella conseguente emissione di GHG, espressa in CO_2 emessa per unità di dato attività.

UBICAZIONE E CARATTERISTICHE					INDICATORI									
	Ubicazione in Progetto	Numero	Impianto	Emissione VOC	Minor consumo KWh (*)		Rimozione inquinanti aerei (**)					CO2 (***)	Deflusso acque meteoriche evitato dalle chiome (****)	
U.M.		Nr.	m		KWh/albero *anno	Kg CO2eq.* albero/anno	Kg.*albero/anno				Kg CO2eq.* albero/anno	Kg CO2* albero/anno	l/albero*anno	KgCO2eq./mc* anno
			Altezza albero al momento dell'impianto				O3	PM10	SO2	NO2	Equivalente	Assimilata		
Celtis Australis	Via Serio lato Sud	21	8/10	Bassa	136	66,4904	0,130	0,143	0,265	0,186	55,428	325	2150	0,5418
Liriodendron Tulipifera	Via Ampola	6	8/10	Media	136	66,4904	0,25	0,21	0,425	0,32	95,36	430	1570	0,39564
Liquidambar styraciflua	Via Ampola	6	8/10	Media	136	66,4904	0,13	0,127	0,35	0,11	32,78	320	1450	0,3654
Fraxinus Hornus	Giardino Sud	8	4-6	Bassa	48	23,4672	0,35	0,125	0,05	0,1	29,8	59	625	0,1575
Pyrus calleryana	Giardino Nord	4	4-6	Medio-Bassa	67	32,7563	0,05	0,05	0,1	0,05	14,9	84	200	0,0504
Tilia platyphyllos	Giardino Nord e Sud	10	16-20	Bassa	136	66,4904	0,3	0,152	0,32	0,6	178,8	231	2000	0,504
Ligustrum lucidum	Via Ampola- Via Serio- Giardino Nord-Est	100	1,5	Bassa			0,08	0,05	0,1	0,09	26,82	23		
Photinia red Robin	Via Ampola- Via Serio- Giardino Nord-Est	80	1,8	Bassa			0,08	0,05	0,1	0,09	26,82	23		
(*)	Valori di riduzione desunti da bibliografia (CNT, 2010, McPherson E., et Al., 2006). Valore di produzione di CO2eq. per KWh prodotto è assunto pari a 0,4889 Kg (ISPRA 2017)													
(**)	I valori unitari sono stati desunti dal database qualiviva e dalla simulazione fatta con il software I-Tree eco v.6 sull'area di progetto. Per la determinazione della CO2 equivalente il valore assunto è di 298 Kg di CO2 eq. per Kg di NO2 rimosso (IPCC,2007)													
(***)	I valori unitari di CO2 assimilata per anno sono stati desunti dal database qualiviva e mediati dalla simulazione fatta con il software I-Tree eco v.6 sull'area di progetto													
(****)	I valori unitari sono stati desunti dalla simulazione fatta con il software I-Tree eco v.6 sull'area di progetto e riportati alla media di piovosità decennale (1086 mm di pioggia/anno) misurata dalla centralina ARPA via Juvara, Milano ID stazione 502. Per il calcolo della CO2 equivalente il valore di 0.252 Kg/mc*anno è stato desunto dall'analisi dell'impronta di carbonio della società CAP Holding SPA per gli anni 2016 e 2017 (CAP Holding, bilancio ambientale), riferita all'attività di trattamento delle acque meteoriche (reti e depuratori).													

Tab. 4 - Esempio di conversione in CO_2eq dei benefici ecologico ambientali derivanti da piantumazione nel contesto di Milano / *Example of conversion in CO2eq of the ecological environmental benefits deriving from planting in Milan* (Source: Progetto Proxima, bando C40 - elaboration by Davide Cerati).

References

Carbon Footprint of Nations, available at: http://carbonfootprintofnations.com/

Cerati, D. (2019), *Nature-based Solutions and open spaces regeneration. Methods, tools and indicators for environmental design and assessment*, Tesi di Dottorato, Politecnico di Milano, XXXI ciclo, Relatore: prof. Andrea Tartaglia, Tutor: prof. Elena Mussinelli.

De Groot, R. (2010), *Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation*, TEEB, pp. 9-40.

European Commission, Joint Research Center (2007), *Carbon Footprint - what it is and how to measure it*

Gohar, L. & Shine, K. (2007), "Equivalent CO_2 and its use in understanding the climate effects of increased greenhouse gas concentrations", *Weather*, Nov 2007, pp. 307-311

Heggermont, H. (2015), "Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe", *GAIA - Eco. Persp. on Science and Society*, 24(4), pp. 243 - 248

Hertwich, E. & Peters, G. (2009), "Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis". *Environ. Sci. Technol.*, 43(16), pp. 6414–6420.

Luciani, R., Masoni, P., Santino D. (2011), "Indicatori di sostenibilità ambientale: la carbon footprint", *Energia, Ambiente e Innovazioni*, vol. 3.

Pernigotti, D. (2007), *Come affrontare i cambiamenti climatici,* Il Sole 24 Ore, MilanWo.

Pernigotti, D. (2011), *Carbon Footprint – Calcolare e comunicare l'impatto dei prodotti sul clima*. Edizioni Ambiente.

United Nations Environment Program, Climate Change, avalilable at: http://www.unep.org/climatechange/

Williamson P. (2016), "Emission reduction: Scrutinize CO_2 removal methods, Nature", *Inter. weekly Journal of Science*, 530(7589), pp. 153-155.

Websites

https://climatepolicyinfohub.eu/glossary/co2eq

https://www.minambiente.it/pagina/la-storia-degli-accordi-internazionali-sul-clima

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-6/assessment/#fieldsetlegend-a1683190941e4d41adef1c04b99599ae-0

Temperatura Media Radiante (TMR)
Mean Radiant Temperature (MRT)

Valeria Cecafosso, *Sapienza Università di Roma*

Contesto culturale e tecnico

I parametri ambientali che determinano il comfort termico (temperatura dell'aria -°C, temperatura media radiante -°C, umidità dell'aria - % e movimento dell'aria -m/s) sono stati definiti da Givoni nel 1978. Il trasferimento di energia radiante nello spazio esterno (guadagno e/o perdita di calore per radiazione termica) è considerato il più importante flusso di calore per il bilancio termico umano, in particolare in condizioni di pieno sole. La temperatura media radiante (TMR), definita come la temperatura media delle superfici circostanti che include l'effetto della radiazione solare incidente, ha un impatto significativo sulla sensazione di benessere termico nelle aree urbane. Essa è stata introdotta al fine di parametrizzare in un unico indice gli effetti di un ambiente radiante complesso (flussi di radiazione ad onde lunghe e corte).

Sulla TMR hanno una grande importanza le seguenti componenti di radiazione:

- radiazione solare o radiazione ad onde corte che raggiunge la parte inferiore dell'atmosfera (lunghezza d'onda = 0,3-3 μm);
- radiazione terrestre o radiazione ad onda lunga (lunghezza d'onda = 3-100 μm).

Il valore dei flussi solari e terrestri relativi alla TMR che raggiungono il corpo da diverse direzioni dipende dall'ora del giorno e dall'anno e dalla localizzazione. Lo scambio di radiazioni notturne è rappresentato esclusivamente dalla componente ad onde lunghe; la componente ad onde corte ha un ruolo solo durante le ore di luce solare e la sua importanza aumenta con l'altitudine del sole. In una serena giornata estiva lo stress termico è principalmente attribuibile all'esposizione solare, a condizione che il cielo non sia ostruito. Tuttavia, negli ambienti urbani l'energia da radiazioni assorbita da un uomo in piedi deriva principalmente dalla componente ad onde lunghe e meno del 30% dalla radiazione solare (Ali-Toudert, 2005)

In un ambiente urbano complesso, i flussi radiativi variano considerevolmente rispetto agli spazi interni e negli stessi spazi esterni a causa delle ombre generate dagli edifici e dalla vegetazione e anche per i diversi materiali di superficie. Pertanto TMR può presentare significative variazioni spaziali anche a breve distanza. Mayer e Höppe (1987) hanno dimostrato che la differenza di TMR tra un *canyon* di strada illuminato dal sole e un canyon di strada ombreggiato nelle vicinanze può arrivare fino a 30 °C nel primo pomeriggio, mentre la differenza della temperatura dell'aria è inferiore a 3 °C.

Trattazione nella letteratura scientifica

Gli studi, in continuo sviluppo e miglioramento, sono centrati sulla descrizione della componente termica del clima urbano in modo da stimare gli effetti com-

Cultural and technical context

Givoni in 1978 marks out environmental parameters that define thermal comfort (air temperature -°C, average radiant temperature -°C), air humidity - % and air movement - m/s). The radiant energy trasfer into outdoor space (heat gain and/or loss by thermal radiation) is considered the most important heat flow for the human thermal balance, especially in full sun conditions. The mean radiant temperature (MRT), defined as the average temperature of surrounding surfaces that includes incident solar radiation effect, has a significant impact on thermal well-being perception in urban areas. In order to identifies in a single index complex radiant environment effects (long and short-wave radiation flows) MRT value was introduced.

Great importance on MRT has the following radiation components:

- *Solar radiation or short-wave radiation reaching the lower part of the atmosphere (wavelength is 0.3-3 m);*
- *Earth's radiation or long-wave radiation (wavelength is 3-100 m).*

The quantity of solar and terrestrial flows related to MTR that reach a body from different directions depends on time of day and year and location. The night radiation exchange is represented uniquely by long-wave component; Short-wave component plays a role only during daylight hours and its importance increases with the altitude of the sun. In a sunny summer day thermal stress depend primarily on sun exposure, as long as the sky is not obstructed. However, in urban environments the radiation energy absorbed by a standing man comes mainly from the long-wave component and less than 30% from solar radiation (Ali-Toudert, 2005). In a complex urban environment, radiative flows vary considerably compared to indoor spaces and as well in outdoor spaces depending on building and vegetation shadows and also on different surface materials. Therefore, TMR can have significant spatial variations even at short distances. Mayer and Handel (1987) prove that the variation of MTR value between a sunny and a shady street canyon can reach up to 30 °C in the early afternoon, while the difference in air temperature is less than 3 ◦C.

Treatment in the scientific literature

The study, always in developing and improving, are focus on thermal component description of the urban climate in order to estimate combined effects of air temperature, air humidity, wind speed and short and long wave radiation on the human thermoregulator system. Researchers often consider MRT as the best index of air temperature or apparent temperature to analyse the impact of climate on people's health (Thorsson S, et all, 2014), so that MTR is used as calculation base to many external comfort indices such as PMV derived from Fanger comfort equation and PET obtained by Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI). One of the main advantages of such models is the ability to test the micro-bioclimatic effects of different planning scenarios by changing the size, dispositions and radiant properties of buildings and vegetation in the environmental model. (Matzarakis A., Rutz F., Mayer H., 2007).

Measurement

To calculate MTR you must determine the size of surrounding radiant surfaces including the visible section of the sky. In addition, all fundamental properties for thermal radiation such as emissivity and albedo should be considered. The subject position and orientation in the real environment is also important, because TMR varies from point to point and is different for a person standing or sitting. It also has an impact clothing type and color. Its calculation is as much more difficult as more complex is the surface morphology since all relevant radiation flows and individual angular factors determination is very challenging. The MRT measurement can be carried out with different methodologies and instruments provided by UNI EN ISO 7726 standard of 2002. MRT can be determined using integral radiation measurement techniques (globothermometer, pyrranometer-pirgeometer) or using software based on radiation environment modelling. The globethermometer consists of a copper sphere painted black 0.15 m in diameter and 0.4 mm thick, inside which a temperature sensor is placed. The temperature measured value results from the heat exchange processes by radiation and convection. The sphere calculates the weighted average of radiation absorbed from all directions. It is a relatively inexpensive tool, with a response time of 15-20 minutes. Another method of determining MRT is combined with a pyrranometer and pirgeometer. Solar and terrestrial radiation flows are measured separately, allowing different absorption coefficients to be considered. The pyrranometer records the radiation flows of short waves, the pirgeometer those of long waves. The environment is divided into six main parts according to the four cardinal points and down and up, each of which has different weighting factors ba-

binati di temperatura dell'aria, umidità dell'aria, velocità del vento e radiazioni a onde corte e lunghe sul sistema termoregolatore umano. I ricercatori spesso considerano la TMR come indice migliore della temperatura dell'aria o della temperatura apparente per analizzare l'impatto del clima sulla salute delle persone (Thorsson S, et all, 2014), cosicché TMR viene utilizzata come base di calcolo di numerosi indici di *comfort* esterno come il PMV (*Predicted Mean Vote*) derivato dall'equazione di *comfort* di Fanger e la PET (temperatura fisiologicamente equivalente) ottenuta dal *Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI)*. Uno dei principali vantaggi di tali modelli è la possibilità di testare gli effetti micro-bioclimatici di diversi scenari di pianificazione modificando le dimensioni, le disposizioni e le proprietà radianti degli edifici e della vegetazione nel modello ambientale. (Matzarakis A., Rutz F., Mayer H., 2007).

Misurazione

Per calcolare la temperatura radiante media è necessario determinare le dimensioni delle superfici circostanti radianti compresa la sezione visibile del cielo. Inoltre, dovrebbero essere considerate tutte le proprietà fondamentali per la radiazione termica come l'emissività e l'albedo. Anche la posizione e l'orientamento del soggetto nell'ambiente reale è importante, perché la TMR varia da punto a punto ed è diversa per una persona in piedi o seduta. Inoltre ha un impatto anche il tipo di indumento e il colore. Il suo calcolo è tanto più difficile quanto più complessa è la morfologia superficiale in quanto la determinazione di tutti i flussi di radiazione rilevanti e dei singoli fattori angolari è molto impegnativa.

La misura della temperatura media radiante può essere effettuata con diverse metodologie e strumenti di misura previsti dalla norma UNI EN ISO 7726 del 2002. La TMR può essere determinata utilizzando tecniche di misurazione integrale delle radiazioni (globotermometro, piranometro-pirgeometro) ovvero avva-

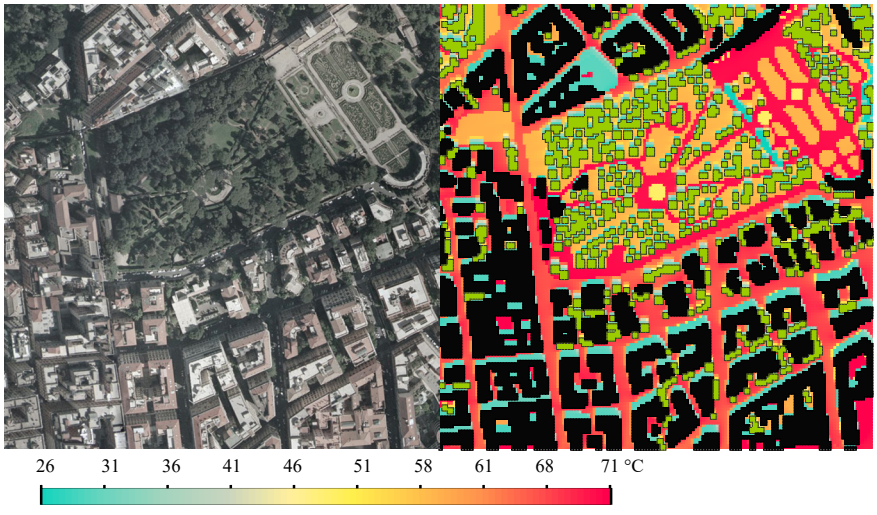


Fig. 1 - Esempio di modellazione della TMR con ENVI-met in estate / MRT *modeling example with ENVI-met* in summer (Cecafosso).

lendosi di *software* che si basano sulla modellazione dell'ambiente di radiazione.

Il globotermometro consiste in una sfera di rame verniciata di nero di diametro di 0,15 m e di spessore 0,4 mm, all'interno della quale è posto un sensore di temperatura. Il valore della temperatura misurata risulta dallo scambio di calore dei processi attraverso radiazioni e per convezione. La sfera calcola la media ponderata delle radiazioni assorbite da tutte le direzioni. Si tratta di uno strumento relativamente economico, con un tempo di risposta di 15-20 minuti.

Altro metodo di determinazione della TMR si ha combinando piranometro e pirgeometro. I flussi di radiazione solare e terrestre vengono misurati separatamente, consentendo di considerare i diversi coefficienti di assorbimento. Il piranometro registra i flussi di radiazione delle onde corte, il pirgeometro quelli delle onde lunghe. L'ambiente è diviso in sei parti principali secondo i quattro punti cardinali e verso il basso e l'alto, ciascuno dei quali ha differenti fattori di ponderazione in base alla forma del corpo in esame. La coppia piranometro-pirgeometro va montata su una rotazione orizzontale e verticale ad una distanza di 1,1 m dal suolo che rappresenta il centro di ponderazione del corpo umano in piedi. Il tempo di risposta dei sensori per un intero periodo di misurazione è di 18 minuti. Questo tempo può essere dimezzato se si adottano due coppie di apparecchiature rivolte in direzione opposta e ulteriormente ridotto usando 3 coppie che consentono di evitare la rotazione.

Negli ultimi anni, diversi strumenti sono stati sviluppati e perfezionati per includere la modellazione MRT. Tra gli strumenti *software* basati su modelli 3D si possono citare: ENVI-met, RAYMAN, SOLWEIG, Honneybee/Ladybug e autodesk CFD, CitySim Pro.

RayMan è uno strumento adatto ai calcoli preliminari di applicazioni di contesto molto semplici. Ha una interfaccia intuitiva. Uno dei principali vantaggi è che ha un'interfaccia intuitiva e i dati meteorologici richiesti come input della procedura sono facili da ottenere. Tuttavia le simulazioni si riferiscono solo a un punto dell'area investigata.

ENVI-met rende possibile la creazione di un dominio 3D dettagliato contenente dati specifici relativi all'edificio, alla tipologia di vegetazione e alla varietà di terreno. Tutti i parametri microclimatici sono simulati all'interno di un ciclo giornaliero e fornisce un ricco numero di variabili di output. Il tempo di esecuzione per i calcoli del modello è di alcuni giorni.

SOLWEIG (*Solar Long Wave Environmental Irrandiance Geometry model*) calcola TMR sulla base della procedura di misurazione integrale delle radiazioni quindi considera le densità di flusso delle radiazioni solari e terrestri da 6 direzioni perpendicolari. Si tratta un modello non-stazionario basato su immagini *raster* (DEM) che, grazie al supporto di MATLAB, è in grado di calcolare le variazioni spaziali dei flussi di radiazione e l'TMR su modelli a vasta scala e su diverse scale temporali. Ha un'interfaccia grafica intuitiva e riesce anche a far fronte ad angoli di elevazione bassi del sole.

Honneybee/Ladybug , *plug-in* di Grasshopper simulano la TMR attraverso le temperature superficiali calcolate da EnergyPlus ed lo sky view factor determinato da Raytracing consentendo di gestire modellazioni spaziali complesse.

CitySim Pro si adatta alla modellazione di contesti esterni complessi. Ha una definizione completa dell'ambiente di radiazione ad onde corte e ad onde lunghe

sed on the shape of the body under consideration. The piranometer-pirgeometer torque should be mounted on a horizontal and vertical rotation at 1.1 m from the ground that represent the weighting center of the standing human body. The response time of the sensors for an entire measurement period is 18 minutes. This time can be halved if two pairs of equipment are used facing in the opposite direction and further reduced using 3 pairs to avoid rotation. In recent years, several tools have been developed and refined to include MRT modeling. Software tools based on 3D models include: ENVI-met, RAYMAN, SOLWEIG, Honneybee/Ladybug and autodesk CFD, CitySim Pro. RayMan is a tool suitable for preliminary calculations of very simple context applications. It has an intuitive interface. One of the main advantages is that it has an intuitive interface and the weather data required as a procedure input is easy to obtain. However, the simulations only refer to one point in the investigated area. ENVI-met makes it possible to create a detailed 3D domain containing specific building, vegetation type and soil variety data. All microclimate parameters are simulated within a daily cycle and provide a rich number of output variables. The execution time for model calculations is a few days. SOLWEIG calculates TMR based on the integral radiation measurement procedure and then considers the flow densities of solar and terrestrial radiation from 6 perpendicular directions. It is a non-stationary model based on raster images (DEMs) that, thanks to the support of MATLAB, is able to calculate spatial variations of radiation flows and MRT on large-scale models and on different time scales. It has an intuitive interface and even manages to cope with low sun elevation angles. Grasshopper's Honneybee/Ladybug plug-in simulates TMR through the surface temperatures calculated by EnergyPlus and the sky view factor determined by Raytracing allowing you to manage complex spatial modeling. CitySim Pro adapts to modeling complex external contexts. It has a complete definition of the short-wave and long-wave radiation environment and allows you to fully define the entities of the building, soil and vegetation.

Limits in the assessment of a phenomenon/reliability of the indicator

As for traditional instruments, the globethermometer provides a good approximation of MRT with uniform flows from the surrounding surfaces (a condition that generally occurs in indoor environments) and if the subject is in a sitting position. In case the radiant environment is not homogeneous or the subject is standing is less suitable to give a reliable assessment. A more accurate method is with the piranometer-pirgeometer but the

approach is more complex and the equipment more expensive, especially if you adopt multiple pairs of instruments. On the other hand, for estimation through software it should be borne in mind that simulation models contain certain physical assumptions in relation to the following parameters: surface temperatures and emissivity, albedo and transmittance. Their values refer to standard tables and are treated as constants, they may not be representative of the situation being evaluated. In addition, building shape and vegetation are simplified compared . The necessary approximation do not invalidate simulation tools but require to choose model that best suits its context.

e consente di definire completamente le entità dell'edificio, del suolo e della vegetazione.

Limiti nella valutazione di un fenomeno/ affidabilità dell'indicatore

Per quanto riguardo gli strumenti tradizionali, il globotermometro fornisce una buona approssimazione di TMR in presenza di flussi uniformi dalle superfici circostanti (condizione che si verifica generalmente in ambienti *indoor*) e se il soggetto è in posizione seduta. Nel caso in cui l'ambiente radiante non è omogeneo o il soggetto è in piedi è invece meno adatto a dare una valutazione attendibile. Un metodo più accurato si ha con il piranometro-pirgeometro ma l'approccio è più complesso e l'attrezzatura più costosa, in particolare se si adottano più coppie di strumenti.

D'altra parte, per la stima attraverso i software bisogna tener presente che i modelli di simulazione contengono alcuni presupposti fisici in relazione ai seguenti parametri: temperature superficiali ed emissività (necessarie per il calcolo dell'emissione a onde lunghe), albedo (per determinare la parte riflessa della radiazione a onde corte) e la trasmittanza (per le radiazioni ad onde lunghe e corte). I loro valori fanno riferimento a tabelle standard e vengono trattati come costanti, potrebbero non essere rappresentativi rispetto alla situazione oggetto di valutazione. Inoltre, la forma dell'edificio e degli elementi vegetali sono semplificate rispetto a quelle reali. Gli elementi di approssimazione presenti non invalidano gli strumenti di simulazione ma richiedono all'operatore di scegliere il modello che più si adatta al proprio contesto.

References

Ali-Toudert, F., Mayer, H. (2007), "Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions", *Theoretical and Applied Climatology*, 2007; 87:223-237.

ASHRAE Fundamentals Handbook 2001 (SI Ed.) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2001.

d'Ambrosio Alfano, F., Dell'Isola, M., Palella, B., Riccio, G. & Russi, A., "La misura della temperatura media radiante", *Atti del 59° Congresso ATI*, Perugia, 12-15 settembre 2006.

Givoni, B. (1978), *L'homme, l'architecture et le climat*, Editions du moniteur, Paris

Lindberg, F., Holmer, B., Thorsson, S. & Rayner, D., (2013), "Characteristics of the mean radiant temperature in high latitude cities - implications for sensitive climate planning applications", *Int J Biometeorol* 58, pp. 613-627.

Mayer, H. & Höppe, P. (1987), " Thermal Comfort of Man in Different Urban Environments ", *Theoretical and Applied Climatology* 38, 43-49.

Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. (2007), "Modelling radiation fluxes in simple and complex environments - application of the RayMan model", *Int. J. Biometeorol.*, 2007, 51, 323-334.

Naboni E., Meloni, M., Coccolo, S., Kaempf, J. & Scatezzini, JL. (2017) , "An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space", *CISBAT 2017 International Conference – Future Buildings & Districts - Energy Efficiency from Nano to Urban Scale*, CISBAT 2017 6-8 September 2017, Lausanne, Switzerland.

Thorsson, S, Rocklöv, J, Konarska, J, Lindberg, F, Holmer, B, Dousset, B. & Rayner, D (2014), "Mean radiant temperature - a predictor of heat-related mortality", *Urban Climate*, 10(Part 2): 332-345.

Physiological Equivalent Temperature (PET)

Marco Cimillo, *Sapienza Università di Roma, Xi'an Jiaotong-Liverpool University*

L'indicatore di Temperatura Fisiologica Equivalente (PET - *Physiological Equivalent Temperature*) ha l'obiettivo di rappresentare in modo unico e intuitivo le condizioni di comfort in un ambiente esterno. La necessità di ricorrere ad un parametro diverso della semplice temperatura deriva dal fatto che la reale percezione termica dipende da un ampio numero di fattori che includono parametri oggettivi, come la temperatura radiante, la velocità dell'aria e la pressione vapore, ma anche parametri soggettivi quali l'attività fisica e il tipo di abbigliamento indossato. La valutazione del comfort termico è pertanto complessa, perché a parità di valori di temperatura dell'aria, l'ambiente può essere percepito come molto caldo, ad esempio sotto l'effetto dell'irraggiamento solare diretto, o molto freddo, se ci si trova all'ombra ed esposti al vento (Tucci, 2014).

La PET è stata studiata per ricondurre tale complessità ad un valore sintetico che descriva la condizione equivalente di un soggetto standard in un ambiente standard interno. In termini esemplificativi, una PET di 20°C indica condizioni termiche equivalenti ad una stanza confinata con temperature di 20°C, velocità dell'aria pari a 0,1 m/s, pressione vapore di 12 hPa. Il soggetto standard è definito da un'attività metabolica di 80 W e abbigliamento di 0,9 Clo (vedi PMV). L'equivalenza può essere determinata da diverse combinazioni dei fattori elencati sopra, e nel modello della PET è stimata mediante il calcolo del bilancio termico del corpo umano noto come MEMI (Munich Energy balance Model for Individuals), basato sul modello a due nodi di Gagge (Fig. 1). L'equazione base di tale modello è la seguente:

M + W + NR + C + ED + ERe ESw = 0
Dove:
M = Metabolic activity
W = Physical Heat production
N = Net radiation of the body
C = Convective heat Flow
ED = Latent heat flow
ERe = Respiratory heat flow
ESw = Sweat heat flow

Dal bilancio termico si possono ricavare le temperature dei due "nodi", il nucleo interno, che rimane sempre a temperatura pressoché costante, e la parte più superficiale e periferica, la cui temperatura si modifica in risposta all'ambiente. A partire da queste si possono infine calcolare le condizioni equivalenti nell'ambiente standard interno di cui sopra (Gagge, 1973; Höppe, 1993; Höppe, 1999).

The Physiological Equivalent Temperature (PET) was developed to denote with a single and intuitive index comfort conditions in outdoor environments. The need of a parameter different form the mere air temperature, arises from the fact the actual thermal perception of an individual is function of a number of different other variables, including mean radiant temperature, air speed and vapour pressure, but also physical activity and clothing. The assessment of thermal comfort is therefore rather complex, because at the same air temperature the environment can be perceived as very hot if under the effect of direct solar radiation, or very cold if exposed to wind. PET was designed to reduce such complexity to a single numerical index which describes the equivalent condition of a standard subject in a standard indoor environment. In other words, a PET at 20°C represents thermal conditions equivalent to those of a room with an operative temperature of 20°C, air speed of 0.1 m/s, vapour pressure of 12 hPa. The standard subject is one with a metabolic activity of 80W and a clothing of 0.9 Clo (see PMV). The equivalence can be determined by different combination of the above mentioned parameters and in the PET model is estimated through a method that computes the thermal balance of the human body, known as MEMI (Munich Energy balance Model for Individuals), and based on the two-node model of Gagge (Fig. 1). The fundamental equation of the model is the following:

M + W + NR + C + ED + ERe ESw = 0
M = Metabolic activity
W = Physical Heat production
N = Net radiation of the body
C = Convective heat Flow
ED = Latent heat flow
ERe = Respiratory heat flow
ESw = Sweat heat flow

The thermal balance allows to calculate the temperature of the two "nodes", the internal core, which remains always at an approximately constant temperature, and the more peripheral and superficial part, whose temperature changes in response to

the environmental conditions. The equivalent conditions of the standard indoor environment can be then derived starting from these two temperatures (Gagge, 1973; Höppe, 1993; Höppe, 1999).

The absence of thermal stress, according to the PET model, occurs at equivalent temperatures within 18 and 23°C. Outside such range, the level of thermal stress can be evaluated according to the definitions in Table 1. Other studies have proposed slightly different comfort thresholds, calibrated on the different climates in which the index is used.

A manual calculation of the PET would be extremely complex, because it requires several steps, highly specialist knowledge and input data not always easy to retrieve. A good example is provided by the mean radiant temperature, one of the most impactful parameters, which varies in function of the urban geometry, the specific position for which the index is calculated, the time and the atmospheric conditions. Thus, it is necessary to make use of computer software, the tool Rayman (Urbanclimate, n.d), for example was developed for this specific purpose and is available free of charge for research use. It is also noteworthy that, notwithstanding these aspects, the success of PET seems to be due to its applicability, when compared to other models. A recent study identified 165 distinct indexes proposed in the scientific literature between 2001 and 2017. Among these, only four have remained in use to this day: PMV (Predicted Mean

Il calcolo manuale della PET è estremamente complesso, perché richiede diversi passaggi, conoscenze altamente specialistiche e l'utilizzo di dati di input di non immediato reperimento. Ne è un esempio la temperatura media radiante, che è uno dei parametri di maggiore impatto e varia in base alla geometria urbana e alla posizione specifica per la quale viene calcolato l'indice, al tempo, alle condizione atmosferiche. É necessario pertanto ricorrere a strumenti informatici come il software Rayman (Urbanclimate, n.d) sviluppato per il calcolo della temperatura radiante e disponibile gratuitamente per fini di ricerca. È significativo, inoltre, che nonostante quanto evidenziato, il successo della PET sembrerebbe legato proprio alla sua applicabilità, quando paragonato ad altri modelli. Una recente ricerca ha individuato infatti 165 diversi indici proposti nella letteratura scientifica tra il 2001 ed il 2017, tra i quali solo quattro sono effettivamente in uso: il PMV (Predicted Mean Vote), la SET* (Standard Effective Temperature), e lo UTCI (Universal Thermal Climate Index) e la PET, di gran lunga il più diffuso per lo studio degli spazi esterni (Potchter, 2018).

Le maggiori applicazioni della PTE risiedono nella possibilità di basare la progettazione e la valutazione ambientale degli spazi urbani su un indicatore quantitativo e oggettivo, che permette di misurare l'impatto singolo o combinato delle diverse variabili ambientali e delle possibili misure progettuali a promozione del comfort termico degli utenti. Un'efficace progettazione ambientale è indispensabile per il raggiungimento di obbiettivi di più ampio respiro in termini di qualità e sostenibilità ambientale, come l'uso sociale degli spazi aperti o la "walkability" di una determinata area urbana, con un forte impatto sulla vivibilità e sul potenziale per l'uso di forme di mobilità alternative all'auto.

La PET è stata utilizzata anche per ricerche su più vasta scala, per esempio nello

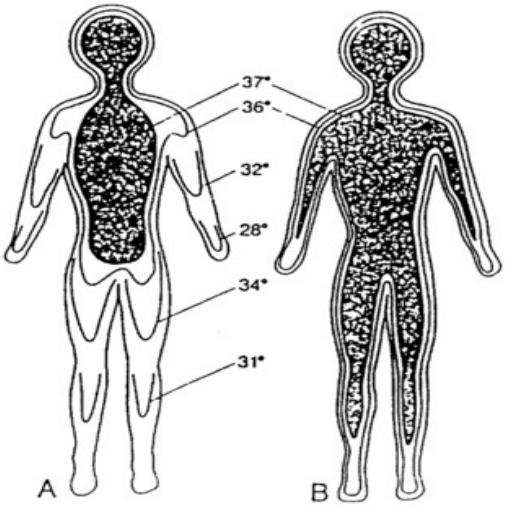
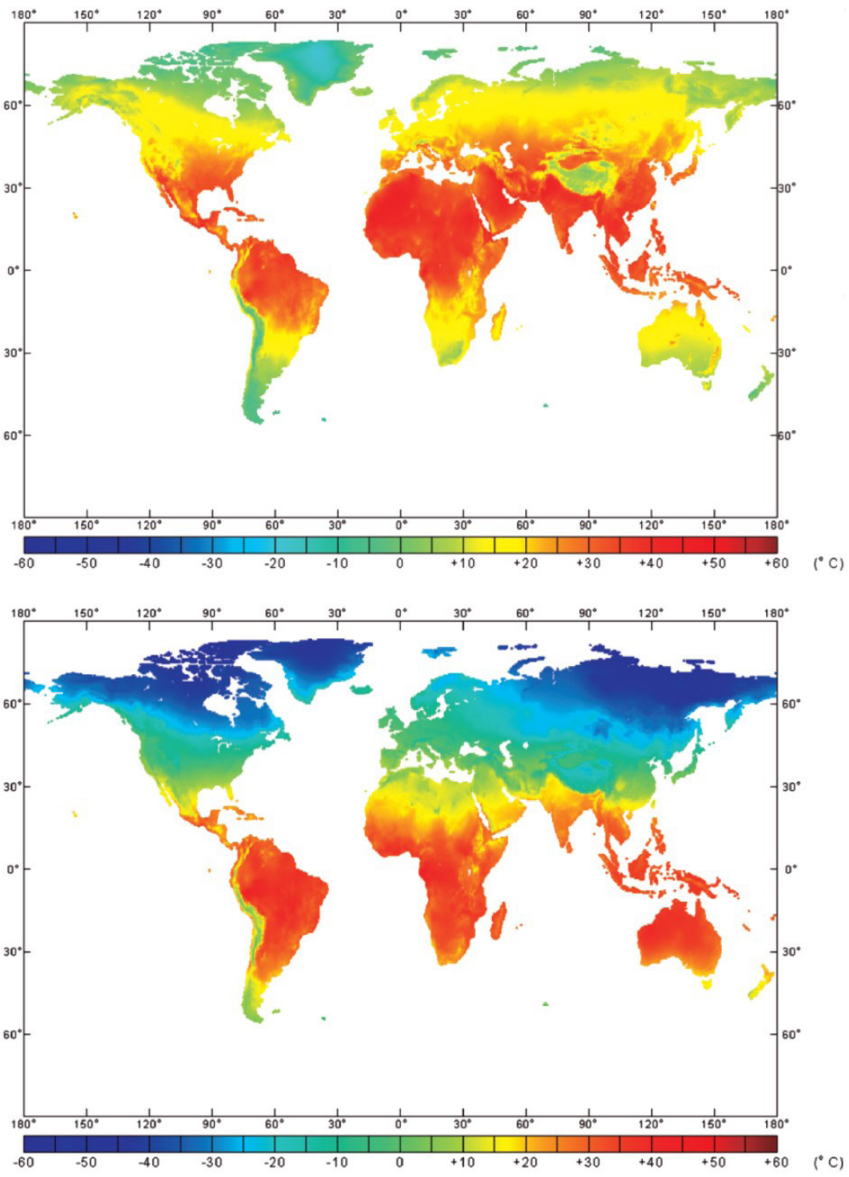


Fig. 1 - Temperature interne e superficiali del corpo umano in (A) ambiente freddo ed (B) ambiente caldo / Internal and superficial temperature of the human body in (A) cold environment and (B) warm environment (Höppe, 1993).

PET	Thermal perception	Grade of physiological stress
4°C	Very cold	Extreme cold stress
8°C	Cold	Strong cold stress
13°C	Cool	Moderate cold stress
18°C	Slightly cool	Slight cold stress
23°C	Comfortable	No thermal stress
29°C	Slightly warm	Slight heat stress
35°C	Warm	Moderate heat stress
41°C	Hot	Strong heat stress
	Very hot	Extreme heat stress

Tab. 1 - Percezione termica e livelli di stress fisiologico / Thermal perception and physiological stress levels (Matzarakis & Mayer, 1996).

studio di Matzarakis e Amelung sugli effetti dei cambiamenti climatici in figura 2. Applicando l'indicatore a scala globale, si è concluso che l'impatto del riscaldamento globale sul comfort umano potrebbe essere maggiore di quanto possa apparire ad una mera analisi delle temperature. Le mappe sono anche utili per individuare le regioni che richiedono interventi mirati nella progettazione urbana per il miglioramento del comfort negli spazi aperti. Considerando che l'elaborazione è stata sviluppata a partire dalle temperature medie ed al netto degli aumenti di temperatura dovuti al cambiamento climatico la situazione estiva presenta maggiori



Vote), SET (Standard Effective Temperature), UTCI (Universal Thermal Climate Index), and PET, by far the most prevalent for outdoor spaces (Potchter, 2018).*

The main applications lie in the possibility to base design and assessment on a quantitative, objective index, which allows to quantify the individual and combined effect of different design measures devised to promote users' thermal comfort. An effective environmental design in turn is critical to achieve broader objectives in terms of environmental quality and sustainability. Good examples are the social use of the outdoor spaces and walkability, which has a major impact on liveability and on the potential for alternative mobility in urban areas.

The PET was also used for larger-scale research, such as the study illustrated in the maps in image 2. The effects of climate change were estimated by applying the index on the global scale, and the conclusion was that the implications for thermal comfort may be worse than what is understood by analysing temperatures alone. The maps are also useful to identify the regions most in need of urban interventions targeting outdoor comfort (the two maps represent the current situation and do not account for the effect of global warming yet).

Like all prediction tools, PET has validity limitations deriving from the simplifications intrinsic to the modelling process. One identified problem consists in the variation of the thermal perception caused by expectations and by climatic and seasonal adaptation. In the European context, it was observed that those can shift the comfort temperature by up to 10°C (Höppe, 1993). A second issue relates to the adaptation time in the shorter term, when moving from an indoor to an outdoor space. PET takes a stationary approach and does not account for this aspect, even though, especially in the transition from conditioned spaces in summer, the process can extend for hours and therefore last potentially more than the total time spent outside (Hoppe

Fig. 2 - Distribuzione globale della PET media nei periodo giugno-agosto, in alto, e dicembre-febbraio, in basso, basata sulle medie climatiche 1961-1990 / *Global distribution of the average PET in periods between June-August (above) and December-February (below), based on the 1961-1990 averages* (Matzarakis, Amelung, 2008).

2002). Such limits do not prevent an effective use of the index, but a certain level of awareness is required form analysts and designers. On the contrary, PET remains a fundamental tool to evaluate, design and assess urban spaces that meet modern comfort criteria.

impatti di quanto appaia ad un'analisi basata sulle sole temperature.

Come tutti gli strumenti previsionali, il PET ha dei limiti di validità che derivano dalle semplificazioni intrinseche al processo di modellazione. Uno dei problemi rilevati è la variazione della percezione termica dovuta alle aspettative soggettive ed all'adattamento climatico e stagionale del corpo umano. In ambito europeo, è stato osservato che tali aspetti possono portare a variazioni della temperatura di comfort fino a 10°C (Höppe, 1993). Un secondo problema riguarda i tempi di adattamento termico del corpo nel breve termine, quando si passa da uno spazio confinato ad un ambiente esterno. La PET adotta un approccio stazionario, e non tiene quindi conto di tale dinamica. Tuttavia, soprattutto nel passaggio da ambienti condizionati a spazi esterni più caldi in estate, tale adattamento termico può richiedere ore e dunque potenzialmente durare più del tempo di permanenza all'esterno (Höppe, 2002). Tali limiti richiedono una certa consapevolezza da parte di analisti e progettisti, ma la PET rimane uno strumento fondamentale per la valutazione, la progettazione e la verifica di spazi urbani che devono rispondere a moderni requisiti di uso e di comfort.

References

Gagge, A.P, Stolwijk, J.A.J. & Nishi, Y (1971), "An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response", ASHRAE Trans., 77, pp. 247-262.

Höppe, P. (1993), "Heat balance modelling", *Experientia*, 49,pp. 741-746.

Höppe, P. (1999), "The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment", *International Journal of Biometeorology*, vol. 43, n. 2, pp. 71-75.

Höppe, P. (2002), "Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort", *Energy and Buildings*, 34(6), pp. 661-665.

Matzarakis, A. & Mayer, H. (1996), "Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO collaborating centre for Air Quality Management and Air pollution Control", *NEWSLETTERS*, 18(1996), pp. 7-10.

Matzarakis, A. & Amelung, B. (2008), "Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans", in Thomson, M.C., Garcia-Herrera, R., Beniston, M. (eds), *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. Advances in Global Change Research*, Springer, Dordrecht, vol. 30, pp. 161-172.

Nikolopoulou, M. & Spyros Lykoudis, S. (2006), "Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries", *Building and Environment*, 41(11), pp. 1455-1470.

Potchter, O., Cohen, P., Lin, T. & Matzarakis, A. (2018), "Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification", *Science of The Total Environment*, vol. 631-632, pp. 390-406.

Tucci, F. (2014), *Involucro, Clima, Energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici | Envelope, Climate, Energy. Bioclimatic quality and energy efficiency in architecture in the environmental technological design of building skins*, Altralinea, Firenze.

Websites

https://www.urbanclimate.net/rayman/rayman.htm

Predicted Mean Vote (PMV)

Marco Cimillo, *Sapienza Università di Roma, Xi'an Jiaotong-Liverpool University*

Il "Predicted Mean Vote" o "Voto Medio Previsto" é il primo ed il più classico tra gli indicatori di comfort termico negli ambienti confinati. Sviluppato a partire dagli anni 60 del secolo scorso (Fanger, 1970), il PMV nasce come supporto alla progettazione ambientale e più in particolare in riferimento allo studio dei requisiti termo-igrometrici (relativi a temperatura e umidità) degli spazi climatizzati. Con lo sviluppo e la diffusione della climatizzaione artificiale, particolarmente negli ambienti produttivi e di lavoro, la progettazione ottimale di tali requisiti, e quindi dei fabbisogni energetici e del dimensionmaneto degli impianti, diviene infatti un parametro di grande rilevanza tecnica ed economica.

L'indice é espresso in una scala numerica estesa tra i valori di -3 (molto freddo) e 3 (molto caldo) e basata su un concetto di comfort inteso come neutralità termica, in cui lo 0 rappresenta la condizione ottimale di neutralità termica, come illustrato in figura 1. Il nome dell'indicatore deriva dal fatto che esso tenti di predire la percezione termica e quindi il voto medio assegnato da occupanti in determinate condizioni soggettive, ad uno spazio in determinate condizioni ambientali. Lo stesso rilfette anche il modo in cui l'indicatore é stato ricavato, attraverso sperimentazioni su soggetti che effettivamente assegnavano tale voto in base alla propria reale percezione in ambienti termo-igrometricamente controllati. Il problema non é di banale soluzione, tale percezione é influenzata da una serie di parametri molto diversi tra loro. Il PMV ne considera sei, due di natura soggettiva e quattro di natura ambientale.

La condizione soggettiva viene caratterizzata da

1. Attivita metabolica, espressa in un'unità di misura dedicata il Met. 1 Met rappresenta la condizione di una persona in attività sedentaria e il valore sale all'intensificarsi dell'attività fisica e quindi della generazione interna di calore. Più alta l'attività metabolica, più "calda" la percezione dell'ambiente
2. Abbigliamento, anch'esso espresso da un'unità di misura apposita, il Clo. Com'é facile intuire, la percezione si modifica al variare dell'isolamento termico fornito dall'abbigliameno, dove 1 Clo rappresenta un tipico abbigliamento da interni invernale e 0,5 una tipica tenuta estiva.

I parametri ambientali sono quattro:

1. Temperatura media radiante (TMR): in °C, si riferisce alle superfici intorno al soggetto e con le quali gli scambi termici avvengono per irraggiamento. La TMR può essere in realtà influenzate anche da forti di calore puntuali, come il sole o una lampada.
2. Temperature dell'aria (TA): anch'essa esperssa in in °C, determina gli scambi convettivi tra il corpo umano e l'aria nell'ambiente considerato. TMR e TA possono essere combinate in un'unico parametro calcolato come la media aritmetica tra le due e denominato "Temperatura Operativa" o "Operante".

The "Predicted Mean Vote" in the first and the most classical among the thermal comfort indicators for indoor spaces. Developed from the 1960's (Fanger, 1970), the PMV was meant as a support to environmental design and particularly to the study of the hygrothermal requirements of mechanically controlled spaces. As air conditioning develops, particularly in working and production spaces, the optimal design of such requirements, and therefore of the energy needs and of the sizing of the plants, become increasingly important, both technically and economically.

The index is expressed in a scale ranging from -3 (very cold) to 3 (very hot) and based on a conception of comfort as a condition of neutrality, in which 0 represent the optimal condition, ass illustrated by image 1. Its name exemplifies how the index predicts the thermal perception, and therefore the mean vote assigned by users in specific subjective conditions to a space in specific conditions. It also reflects the methodology by which it was developed, through experiments on subjects that were actually assigning such vote based on their real perception in thermally controlled environments. The problem has no obvious solution as the perception is affected by a number of different parameters. PMV considers six of them, two of subjective nature and four of environmental nature.

The subjective condition is defined by

1. *Metabolic activity, expressed by a dedicated unit, the Met, representing the condition of a person performing sedentary activities. The number increases as the physical activity and the endogen heat production intensify. The higher the metabolic rate, the "warmer" the perception of the environment.*
2. *Clothing, also expressed by a dedicated unit, the Clo. Intuitively, the thermal perception changes with the thermal insulation provided by the clothing. 1 Clo represents a typical indoor winter attire, and 0.5 Clo a typical summer attire.*

The environmental parameters are four:

1. *Mean Radiant Temperature: in °C, it refers to the surfaces surrounding the subjects, with which thermal exchanges happen by radiation. The MRT can also be affected by punctual heat sources such as the sun or a lamp.*
2. *Air Temperature (Ta): expressed in °C as well, it determines*

the convective exchanges between the human body and the assessed environment. MRT and Ta can be combined in on single parameter, calculated as the arithmetic average of the two, and called "operative temperature".

3. *Relative humidity: expressed in %, accounts for the influence of the concentration of water vapour on the thermal exchanges tanking place by respiration and transpiration. In both cases the amount of water evaporated (and therefore the energy dissipated by the body) is inversely proportional to relative humidity. As a consequence, with higher values the space will be perceived as warmer.*
4. *Air speed: expressed in m/s, it affects both the convective exchanges described in point 4 and the evaporative ones covered in point 5, both being greater as air speed increases.*

The equations behind Fanger's PMV are based on a stationary thermal balance of the exchanges between the human body, modelled as a single entity, and the environment.

PMV = (0.303 e-0.036M + 0.028)(H-L)*
M = Metabolic activity
H = Heat production
L = Heat loss
M, L, and H are calculated based on the parameters above.

The possible variations determine a range of potentially neutral temperatures between 10 and 35°C. Low temperatures for example can be comfortable with heavy clothing and intense physical activity, while higher temperatures can be counteracted by light clothing and high air speed. More complex versions of PMV, proposed later by Kansas State University and by the Pierce Center at Yale, model human body as a two-node system, featuring an internal core, where heat is generated, and the skin, through which thermal exchanges happen. Nonetheless, Fanger's model remained the most widely used.

PMV can in turn be used to calculate a second indicator able to predict the dissatisfaction rate, the PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

PPD = 100 - 95 e-(0.3353PMV4+0.2179PMV2)

Thermal perception being partially subjective, (as acknowledged by the definition of "mean" vote), even theoretically optimal conditions (PMV=0) will statistically dissatisfy 5% of the occupants, who will perceive the environment as either too warm or too cold for their preferences. The rise of the dissatisfaction rate in relation to the increase of PMV in absolute value (in either direction) can be appreciated in image 1. EN15251 set the acceptability range between -0.7 and +0.7,

3. Umidità relativa: espressa in %, da conto dell'influenza della concentrazione di vapore acqueo sugli scami termici che avvengono attraverso la respirazione e la traspirazione. In entrambi casi la quantità di aqua evaporata (e di conseguenza la quantità di energia dissipata) é inversamente proporzionale all'umidità relativa, per cui valori più alti fanno percepire l'ambiente come più caldo.
4. Velocità dell'aria: esressa in m/s, influenza sia gli scambi convettivi di cui al punto 2, sia quelli evaporativi descritti al punto 3, entrambi maggiori all'aumento della velocità dell'aria.

Le equazioni matematiche dietro il PMV di Fanger si basano su un bilancio termico in regime stazionario degli scambi tra il corpo umano, modellato come una signola entità, e l'ambiente:

PMV = (0,303 e-0,036M + 0,028)*(H-L)
M = Metabolic activity
H = Heat production
L = Heat loss
M, L, e H sono calcolati in base ai sei parametric sopra elencati.

Le possibili variazioni determinano un range di temperature potenzialmente neutrali compreso tra i 10 e i 35°C. Basse temperature possono infatti essere confortevoli con abbigliamento pesante e intensa attività fisica, mentre temperature alte possono essere compensate da abbigliamento leggero e alta velocità dell'aria.

Versioni più complesse del PMV, proposte in seguito dalla Kansas State University e dal Pierce Center di Yale (Berglund, 1978), modellano il corpo umano in "due nodi" che rappresentano il nucleo interno, dove il calore viene generato, e la pelle, attraverso la quale avvengono gli scambi termici. Tuttavia, il modello di Fanger rimane il più diffuso.

Il PMV, può essere a sua volta utilizzato per calcolare un secondo indicatore in grado di predire la percentuale di persone insoddifatte in determinate condizioni, il PPD (Predicted Percentage of Dissattisfied) .

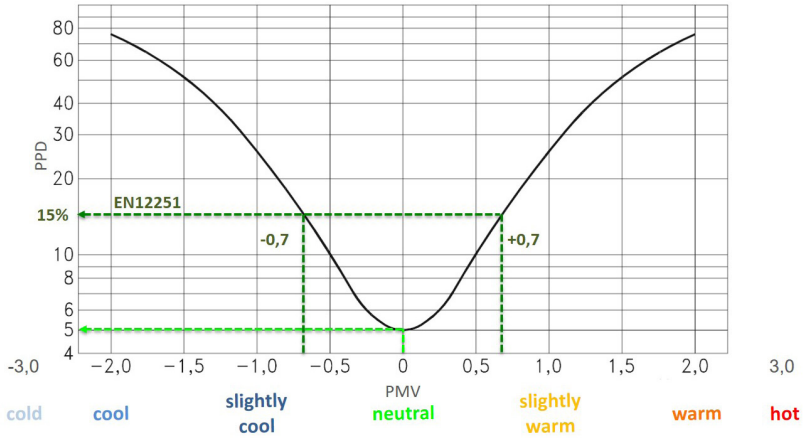


Fig. 1 - Scala delle perercezioni termiche secodo il Voto Medio Previsto (PMV) e relazione con la percentuale di insoddisfatti (PPD) / *Thermal perception scale according to the Predicted Mean Vote (PMV) and its relationship with the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).*

PPD = 100 - 95 e-(0,3353PMV4+0,2179PMV2)

Data la parziale soggettività della percezione termica (in qualche modo riconosciuta nella definizione di voto “medio”), anche condizioni teoricamente ottimali (PMV=0) scontenteranno statisticamente un 5% degli occupanti, che avvertiranno l’ambiente come troppo caldo o freddo rispetto alle proprie preferenze. L’aumento del numero di insoddisfatti al crescere del PMV in valore assoluto (in entrambe le direzioni), può essere apprezzato in figura 1. La norma EN-15251 fissa i valori accettabili nel margine compreso, tra -0,7 e +0,7 equivalente ad un numero massimo di insoddisfatti del 15%.

Il PMV consente di valutare ambienti esistenti o di fissare i requisiti di progettazione. Dopo la sua introduzine e dagli anni ’80 in particolare, é stato il principale fondamento di tutte le normative tecniche sul comfort termico, fino alle attuali EN-15251 and ASHRAE 55. É utilizzato inoltre per definire i parametri per il calcolo dei fabbisogni termici ed é incorporato in sistemi di valutazione della sostenibilità e qualità ambientale degli edici, come LEED, BREEAM, o Protocollo ITACA. L’indice é stato spesso utilizzato anche per la valutazione del comfort in spazi aperti, sebbene metodi più specifici siano stati sviluppati a tale scopo.

Nonostante le numerose applicazioni e l’enorme utilità del PMV, esistono alcune alcune limitazioni che ne confinano l’uso. Una trattazione sistematica sistematica é stata elaborata ad esempio da Nicol e Humphreys (Nicol & Humphreys, 2002), portando all’elaborazione di un modello alternativo (comfort adattivo, o adattativo) da utilizzare in particolare per gli ambienti a controllo passivo. Il problema principale risiede nel fatto che il PMV non tiene conto di fattori quali l’adattamento a determinate condizioni climatiche (e quindi la località in cui l’indice é utilizzato, la stagione, la capacità di reagire ad eventuali situazioni di discomfort), ma anche le aspettative termiche e altri condizionamenti psicologici che influenzano la percezione finale, particolarmente in ambienti non climatizzati e in ambienti esterni. In seguito, un adattamento del PMV per edifici non condizionati in climi caldi é stato ottenuto attraverso l’introduzione di un “fattore di aspettativa” che tiene conto del clima e della presenza o meno di altri edifici climatizzati nel contesto (Fanger, 2002). Ulteriori studi hanno proposto tabelle di adattamento per diverse variabili, inclusi il clima e le stagioni, ma anche il sesso e l’età. (Li et el., 2020) Uno dei principali risultati di tali ricerche consiste nell’aver dimostrato che gli occupanti di edifici raffrescati passivamente percepiscono come soddisfacenti temperature più alte di quelle tollerate negli ambienti condizionati artificialmente. Lo sviluppo di standard di comfort dedicati é pertanto un passaggio importante, perché consente una progettazione e valutazione corretta, svilncolate da requisiti difficlmente raggiungibili e inaccurati allo stesso tempo. Entrambe le norme sopra citate includono infatti un metodo di valutazione alternativo basato sul metodo adattivo. Quest’ultimo stima una temperatura di comfort sulla base delle temperature medie mensile, e sul presupposto che gli occupanti svolgano un’attività sedentaria e godano di una certa flessiblità nel controllo del proprio ambiente e abbigliamento. La stima si basa sulla seguente equazione:

$T_C = 17,8 + 0,31 * T_{ORMT}$
T_C = Comfort Temperature

corresponding to a maximum number of dissatisfied of 15%.

The PMV can be used to assess existing spaces or to set the environmental requirements for the design of new ones. After its introduction and from the 1980s in particular, it was the foundation of all technical standards on thermal comfort, including the current EN-15251 and ASHRAE 55. It is also utilised to set the initial assumptions for the calculation of the thermal energy need of buildings and it is embedded in more comprehensive sustainability assessment methods, such as LEED, BREEAM and Protocollo Itaca. The index was often used also for evaluating comfort in outdoor environments, even though more specific methods have been developed for these applications.

In spite of the numerous and valuable applications, the PMV model does have some limitations which restrict its usage. A systematic analysis was conducted for example by Nicol and Humphreys, leading to the development of an alternative model (adaptive comfort) (Nicol & Humphreys, 2002), to be used specifically in passively controlled spaces. The main problem lies in the fact that PMV does not account for factors such as adaptation to given climatic conditions (and therefore the location in which the index is used, the season, the ability to react to discomfort conditions), but also the thermal expectations and other psychological biases that affect the final perception, particularly in non-conditioned spaces and in the outdoor environment. Subsequently, an adaptation of PMV to non-conditioned buildings was achieved by introducing an “expectation factor” accounting for the climate and for the presence (or absence) of other conditioned buildings in the same context (Fanger, 2002). Further studies proposed adaptation tables for several variables, including climate and season, but also age and gender (Li et el., 2020). One of the main results od such researches was to demonstrated that users of passively cooled buildings tend to perceive as satisfactory higher temperatures than those tolerated in in mechanically cooled buildings. The development of dedicated standards is hence an important milestone, as it allows more accurate design and assessment, freeing them from requirements that are both difficult to meet and inaccurate. Both the above mentioned technical standards include an assessment method grounded in the adaptive model. The latter estimate a comfort temperature based on the outdoor average and on the assumption that the occupants are in sedentary conditions and can enjoy a certain freedom in controlling the surrounding environment and their own clothing. The estimate is calculated through the following equation:

$T_C = 17.8 + 0.31 * T_{ORMT}$
T_C = *Comfort Temperature*

T_{ORMT} = *Outdoor Running Mean Temperature*

Around such temperature are then established three comfort classes with incremental tolerances of ±1°C. Even though this method is more accurate for naturally ventilated buildings, it is in a way rougher than PMV, because less flexible and not capable to appreciate the effect of variations in each single environmental and subjective parameter. The parameters used, and the comfort zones defined by, the two methods are illustrated by image 2.

T_{ORMT} = Outdoor Running Mean Temperature

Intorno a tale temperature vengono poi fissate tre classi di comfort con tolleranze progressive di +-1°C. Sebbene più adatto alla valutazione degli edifici ventilati naturalmente, tale metodo é dunque in un certo senso più rudimentale del PMV, in quanto é meno flessibile e non consente di apprezzare l'impatto delle variazioni nei singoli parametri ambientali e soggettivi. I parametri e le zone di comfort definite dai due metodi sono illustrati in figura 2.

Il PMV rimane al momento il metodo più accurato e completo per lo studio del comfort termico nelgi edifici e, sebbene la sua teoria sia fondata su un modello complesso, da un punto di vista operativo sono facilmente reperibili software e fogli di calcolo che rendono l'utilizzo di tali indici relativamente semplice ed intuitivo e dunque facilmete accessibile a ricercatori e progettisti.

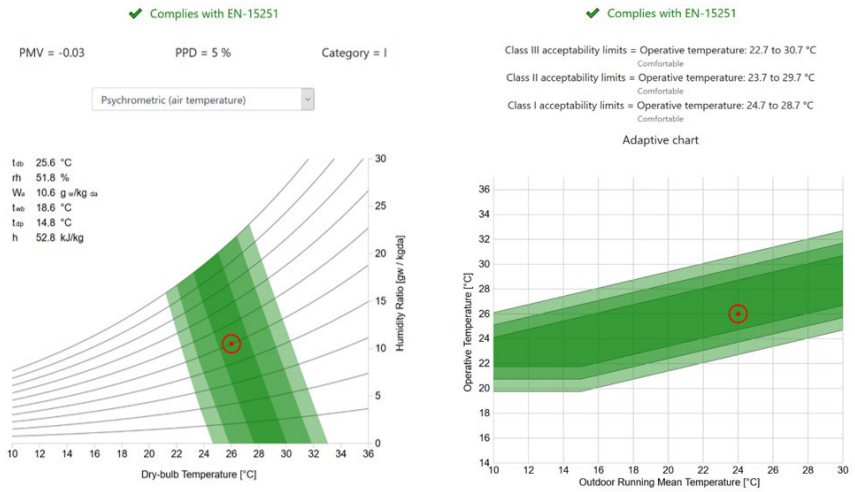


Fig. 2 - A sinistra: Modello PMV, zona e classi di comfort in attività sedentaria (1 met), abbigliamento estivo (0,5 clo), velocità dell'aria a 0,1 m/s, temperatura media radiante di 26°C; il punto rosso rappresenta un ambiente interno con temperatura dell'aria di 26°C e umidità relativa al 50%
A destra: Modello adattivo, zona e classi di comfort termico con temperature medie esterne tra i 10 ed i 30 °C; il punto rosso rappresenta un ambiente interno a 26°C con temperatura media esterna di 24°C / *On the left: PMV model, comfort zone and classes in sedentary activity (1 met), summer clothing (0.5 Clo), air speed of 0.1 m/s, mean radiant temperature of 26°C; the red point represent an indoor environment with air temperature at 26°C and relative humidity at 50%. On the right: Adaptive model, comfort zone and classes with outdoor mean temperature between 10 and 30°C; the red point represents an indoor environment at 26°C with mean outdoor temperature at 24°C* (Hoyt et al., 2019).

References

Berglund, l., (1978), *Mathematical Models for Predicting the Thermal Comfort Response of Building Occupants,* ASHRAE Trans., vol. 84

Fanger, P.O., (1970), *Thermal comfort,* Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark.

Fanger, P.O. & Toftum J. (2002), "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", *E. and Build.*, 34(6), pp. 533-536

Hoyt, T., Schiavon, S., Tartarini, F., Cheung, T., Steinfeld, K., Piccioli, A. & Moon, D., (2019), *CBE Thermal Comfort Tool. Center for the Built Environment*, University of California Berkeley, available at: https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN.

Li, Y., Rezgui, Y., Guerriero, A., Zhang, X., Han, M., Kubicki, S. & Yan, D. (2020), "Development of an adaptation table to enhance the accuracy of the predicted mean vote model", *Building and Environment*, vol. 168.

Nicol, J.F. & Humphreys, M.A. (2002), "Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings", *E. and Build.*, 34(6), pp. 563-572.

Velocità del vento
Wind Speed

Marco Cimillo, *Sapienza Università di Roma, Xi'an Jiaotong-Liverpool University*

A differenza di altri indicatori qui trattati, sviluppati appositamente per la progettazione ambientale, la velocità del vento é un parametro climatico di natura più generale, ma con ampie ricadute per la progettazione architettonica e urbana. Le variabili progettuali coinvolte includono le sollecitazioni strutturali (in particolar modo per gli edifici alti), la selezione e risoluzione degli elementi di facciata, il potenziale per l'utilizzo della ventilazione naturale, il potenziale per la produzione di energia rinnovabile eolica, la sicurezza ed il comfort degli spazi aperti, l'intensità dell' "isola di calore urbana", la progettazione paesaggistica e la selezione delle specie arboree e arbustive (Tucci, 2012).

Si tratta tuttavia di un paramento di non semplice valutazione, perché la lettura di semplici dati statistici relativi a velocità e direzione del vento può essere fuorviante se non riferita a misurazioni effettuate direttamete sul sito e per lunghi periodi di tempo, e se non interpretata alla luce di una sufficiente conoscenza tecnica del fenomeno. La velocità del vento varia infatti fortemente in relazione alle caratteristiche del contesto urbano (topografia, densità e morfologia urbana, spesso diverse da quelle della stazione meteorologica di riferimento), del sito specifico (altezza, orientamento prevalente e distanza tra gli edifici, vegetazione ecc.) ed alla quota di misurazione. In contesti urbani si stima che in media la velocità del vento sia ridotta del 20-30% rispetto alle aree rurali o naturali (Changnon, 2002).

La dinamica delle correnti d'aria in relazione all'influenza del terreno é molto complessa, perché varia in base alle caratteristiche fisiche dell'area e alla sequenza di variazioni lungo il percorso vento, ma ma anche alle condizioni atmosferiche ed alla velocità del vento stesso. Esistono tuttavia dei modelli semplificati che consentono una stima ragionevolmente accurata. I risultati possono essere utilizzati per valutazioni di massima o come input per simulazioni più dettagliate.

La figura 1, con la tabella e l'equazione che seguono, sintetizza uno di questi modelli (Grosso, 2011), che pone la posizione dello "strato limite" (o "*boundary layer*") ad un'altezza che dipendente dalla rugosità del terreno, definita dal coefficiente a. Il boudary layer rappresenta l'altezza al di sopra della quale l'attrito con il terreno non esercita più alcuna influenza ed il vento viaggia a velocità piena. L'altezza dello strato limite ed il coefficiente di rugosità consentono di mettere in relazione le velocità del vento in diversi aree e quindi, ad esempio, di adattare al sito di interesse i dati statistici di una stazione di rilevamento. L'equazione da utilizzare é la seguente:

Unlike other indexes discussed here and developed specially for environmental design, wind speed is a climatic parameter of a more general nature, but with multiple impacts on architectural and urban design. Involved variables include structural loads (particularly of tall buildings), the selection and resolution of façade components, potential for natural ventilation, potential for renewable wind energy production, safety and comfort of outdoor spaces, "urban heat island" intensity, landscape design and the selection of vegetable species (Tucci, 2012).

However, the parameter is not easily captured by the mere analysis of statistical data on wind speed and direction, which can actually be misleading if not referred to measurements taken directly on site for extended periods of time, and if not interpreted in light of a sufficient technical knowledge. Wind speed varies in fact significantly in function of the characteristics of the urban context (orography, urban density and morphology, often different from those of the reference weather station), of the specific site (height, prevailing orientation and distance between buildings, vegetation etc.) and of the height of measurement. It is estimated that in urban context wind speed is reduced on average by 20-30% compared to undeveloped rural or natural areas (Changnon, 2002).

The dynamics of air currents in relationship to the influence of the ground is very complex, because it varies in based on the physical features of the area and on the sequence of variations along the path travelled by the wind. Nevertheless, there are simplified models that allow for fairly accurate estimates. The results can then be used for approximate evaluations or as input data for more detailed simulations.

Image 1, together with the following table and equation, summarise one of such methods (Grosso, 2011), which sets the height of the "boundary layer" in function of the terrain roughness. Defined by the coefficient a, the boundary layer represents the height above which the wind blows at its full speed, undisturbed by the attrition with the terrain below. The height of the boundary layer and the roughness coefficient allow to model the relationship between wind speeds at different locations and therefore, for example, to adapt statistical data retrieved from a weather station to a particular site, using the following equation:

$$V(z) = V(z_{sm}) * (\delta_{sm}/z_{sm})^{\alpha} * (z/\delta)^{\alpha sm}$$

At the calculated point		At the known point (weather station)	
z	Height from ground	z_{sm}	Height from ground
$V(z)$	Wind speed at z	$V(z_{sm})$	Wind speed at z
δ	Height of the boundary layer	δ_{sm}	Height of the boundary layer
α	Roughness coefficient	α_{sm}	Roughness coefficient

The most classical description of the effects of the wind speed is found in the Beaufort Scale (World Meteorological Organization, 1970), originally developed for the navigation and subsequently adapted to different uses. Table 2 illustrates the different grades of the scale with the respective definitions, identifying also the related comfort and safety thresholds. Scientific literature in fact sets the limit speed for comfort in outdoor space at about 5 m/s and the threshold for pedestrian safety at 15 m/s circa. Even if an international standard on the matter is still missing, reference values for a more precise classification of comfort and safety thresholds based on the performed activities can be found in the Dutch standard NEN8100 and are listed in tables 2a e 2b (Janssen, 2013).

The assessment of an area against such criteria requires therefore detailed knowledge of the wind in the location, which in turn needs modelling of the interactions of air currents with the specific site and buildings. General indications about the wind dynamic in given urban patterns are easily found in literature, but an accurate evaluation requires the use of more sophisticated tools, such as Computational Fluid Dynamics (CFD) or the analysis of physical models in a wind tunnel.

CFD in particular is emerging as an increasingly accessible tool for analysts and designers, also due to the recent introduction of dedicated software for architecture. They now represent a valid alternative to wind tunnels, once the only reliable method. An example of the results produced by such simulation is provided by image 2, which also shows how CFD allows for a more practicable and flexible reading and management of the results. However, an appropriate use and a correct interpretation of the data require, for both methods, the compliance with rigorous quality standards (Janssen, 2013). A valid tool for CFD simulations at the urban scale is for example Envi-met, developed for microclimate simulation (not limited to wind only) and available free of charge with some limitations to its usage (Envi-met, n.d.).

$$V(z) = V(z_{sm}) * (\delta_{sm}/z_{sm})^{\alpha} * (z/\delta)^{\alpha sm}$$

At the calculated point		At the known point (weather station)	
z	Height from ground	z_{sm}	Height from ground
$V(z)$	Wind speed at z	$V(z_{sm})$	Wind speed at z
δ	Height of the boundary layer	δ_{sm}	Height of the boundary layer
α	Roughness coefficient	α_{sm}	Roughness coefficient

La descrizione più classica degli effetti della velocità del vento é offerta dall scala Beaufort (World Meteorological Organization, 1970), originariamente sviluppata per la navigazione ed in seguito adattata ad altri usi. La tabella 2 illustra i diversi gradi della scala con le relative definizioni, mettendoli in relazione a specifiche velocità e soglie di comfort e di sicurezza. La letteratura scientifica stabilisce infatti il limite di comfort per gli spazi esterni intorno ai 5 m/s, e la soglia di pericolo per la sicurezza dei pedoni a circa 15 m/s. Anche se manca una norma tecnica a livello internazionale, dei valori di riferimento per una categorizzazione più precisa dei livelli di comfort e sicurezza in base alle attività svolte, si trovano nello standard olandese NEN8100 e sono riportati nelle tabella 2a e 2b (Janssen, 2013).

La valutazione secondo tali linee guida richiede dunque la conoscenza dettagliata delle velocità del vento nella particolare area di interesse, che ha sua volta necessita della modellazione delle interazioni delle correnti con gli specifici siti o edifici. La letteratura tecnica riporta spesso indicazioni di carattere generale e qualitativo sulle dinamiche in determinati pattern urbani, ma una valutazione accurata richiede l'uso di strumenti più sofisticati, quali le simulazioni fluidodinamiche computazionali (CFD – Computational Fluid Dynamic) o l'analisi di modelli fisici in galleria del vento.

La CFD in particolare sta emergendo come uno strumento sempre più accessibile a progettisti e analisti, anche grazie alla recente diffusione di software specifici per l'architettura, e quindi come una valida alternativa alla galleria del vento, un tempo unico strumento affidabile. Un esempio dei risultati ottenibili da tali simulazioni riportato in figura 2 e mostra anche come la CFD consenta una più agevole e flessibile lettura e gestione dei risultati. Un corretto uso e un'adeguata interpretazione dei dati, per entrambi i metodi, richiedono tuttavia competenze specialistiche ed il rispetto di rigorosi standard di qualità (Janssen, 2013). Un valido strumento di supporto per la CFD a scala urbana é ad esempio il software Envi-met, sviluppato per la modellazione microclimatica (non limitata al solo vento) e disponibile gratuitamente con alcuni limiti all'utilizzo (Envi-met, n.d.).

La mancata corretta considerazione delle interazione del vento con l'ambiente costruito può avere conseguenze che variano dal semplice discomfort ambientale

Bft	Description	Wind	m/s	Pedestrians
0	Smoke rises vertically and the see is mirror smooth	calm	0	Comfort (<5 m/s)
1	Smokes moves slightly with breeze and shows direction of wind	light air	<2	
2	Wind felt on face and leaves start to rustle	light breeze	2-3	
3	Smoke moves horizontally and small branches start to sway. Wind extends a light flag	gentle breeze	4-5	
4	Loose dust or sand on the ground are raised and larger branches sway, loose paper blows around	moderate breeze	6-7	Discomfort (5-15 m/s)
5	Surface waves form on water and small trees sway	fresh breeze	8-10	
6	Trees begin to bend, whistling in telephone wires and some spray on the sea surface	strong breeze	11-13	
7	large trees sway	moderate gale	14-16	Danger (>15 m/s)
8	twigs break from trees, and long streaks of foam appear on the ocean	fresh gale	17-20	
9	branches break from trees	strong gale	21-24	
10	weak trees are uprooted, and the sea takes on a white appearance	whole gale	25-28	
11	widespread damage	storm	29-32	
12	structural damage on land and storm waves at sea	hurricane	>33	

Tab. 1 - Scala Beaufort in relazione alle velocità del vento in metri al secondo ed alle condizioni di comfort per i pedoni / *Beaufort scale with corresponding wind speeds in m/s and comfort conditions for pedestrians.*

WS > 5 m/s (% hours per year)	Grade	Activity		
		Traversing	Strolling	Sitting
<2.5	A	Good	Good	Good
2.5–5.0	B	Good	Good	Moderate
5.0–10	C	Good	Moderate	Poor
10–20	D	Moderate	Poor	Poor
>20	E	Poor	Poor	Poor

Tab. 2a - Soglie di comfort secondo lo standard NEN8100 / *Comfort thresholds according to the standard NEN8100.*

WS > 15 m/s (% hours per year)	Grade	Activity		
		Traversing	Strolling	Sitting
<2.5	Limited Risk	Acceptable	Non Acceptable	Non Acceptable
2.5–5.0	Dangerous	Non Acceptable	Non Acceptable	Non Acceptable

Tab. 2b - Soglie di sicurezza secondo lo standard NEN8100 / *Safety thresholds according to the standard NEN8100.*

Failing to give adequate consideration to the interactions of the wind with the built environment can result in consequences ranging from mere environmental discomfort to compromising structural, vehicular and pedestrian safety. A recent well-known negative example is provided by the Bridgewater Building in Leeds, UK. Its shape channelled air currents strong enough to cause a series of accidents, with at least one victim, on the streets surrounding the block. The mistake produced costs for millions of pounds for the implementation of expensive corrective interventions, with the installation of physical deflectors on the façade and on the street, and monetary compensations of the individual and collective damages (BBC, n.d.). It is therefore easily predicted that in forthcoming years both the design emphasis and the regulations in the field will further evolve to keep the pace of the technical innovations, which make now possible and accessible much more accurate evaluations than in the past.

alla compromissione della sicurezza strutturale, dei pedoni e del traffico veicolare. Un noto e recente esempio negativo é fornito dal caso dal Bridgewater Building di Leeds, nel Regno Unito, la cui conformazione ha generato correnti d'aria talmente forti da causare un serie di incidenti, anche mortali, nelle strade circostanti l'edificio. L'errore, ha comportato oneri milionari, rendendo necessari costosi i interventi correttivi – con l'istallazione di barriere fisiche sulla facciata e in strada, ed il risarcimento dei danni arrecati ai privati ed alla collettività. (BBC, n.d.) É pertanto prevedibile che nei prossimi anni l'attenzione progettuale e la normativa sul tema si evolveranno ulteriormente, mettendosi al passo con gli sviluppi tecnici che rendono possibili e accessibili valutazioni del fenomeno molto più accurate che in passato.

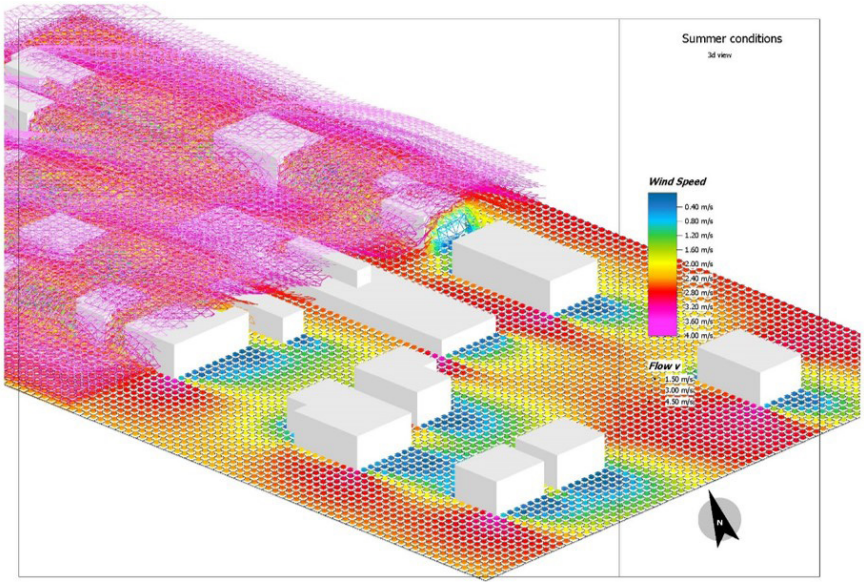


Fig. 1 - Simulazione CFD di un ambiente urbano a Roma / *CFD Simulation of an urban environment in Rome.*

References

Changnon, S.A. (2002), "Weather modification", *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, Elsevier

Grosso, M. (2011), *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Maggioli, Sant'Arcangelo di Romagna.

Janssen, W.D., Blocken, B. & Van Hooff, T. (2013), "Pedestrian wind comfort around buildings: Comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study", *Building and Environment*, vol. 59, pp. 547-562.

Tucci, F. (2012), *Atlante dei Sistemi Tecnologici per l'Architettura Bioclimatica. Ventilazione naturale negli edifici / Atlas of Technological Systems for Bioclimatic Architecture. Natural Building Ventilation,* Alinea Editrice.

W.M.O. (1970), "The Beaufort Scale of Wind Force", *Reports on Marine Science Affairs* n. 3, World Meteorological Organization, Geneva.

Websites

https://www.bbc.co.uk/news/uk-england-leeds-38174624

http://www.envi-met.net/hg2e/doku.php?id=start

DIALOGO / *DIALOGUE*

L'uso degli indicatori nel progetto ambientale
Use of Indicators in the Environmental Project

Federica Dell'Acqua, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
Norbert Kühn, *Technische Universität Berlin*

F.D. La crisi climatica, ambientale e sanitaria che le città stanno vivendo definisce "nuove condizioni di normalità". Come ha recentemente dichiarato Prateeksha Singh, responsabile del dipartimento di Sperimentazione dell'UNDP AP - United Nations Development Programme Asia and Pacific Regional Innovation Team, stiamo vivendo "nuove normalità", che includono minacce e opportunità legate al cambiamento climatico e pongono nuove esigenze[1]. Da questo punto di vista gli spazi aperti rappresentano il luogo in cui affrontare le sfide del cambiamento climatico e delle relazioni sociali, fornendo servizi multi-livello di regolazione climatica, ma anche di tipo ricreativo e culturale. Il MEA - Millennium Ecosystem Assessment mette in relazione diretta la dipendenza di ogni individuo dalla natura e dai servizi ecosistemici «per fornire le condizioni per una vita dignitosa, sana e sicura»[2]. In questo senso, le infrastrutture verdi rappresentano sistemi complessi supporto alla vita nei contesti urbani e alla lotta alla crisi ambientale. Pertanto l'adaptive urban design e il landscape design svolgono un ruolo chiave nella riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici alla scala urbana. Cosa è cambiato nella progettazione del paesaggio e degli spazi aperti?

N.K. Il cambiamento climatico ha reso gli attori del processo progettuale consapevoli di quanto sia essenziale per una città una sufficiente offerta di spazi verdi. Quello che una volta era visto come un lusso, soprattutto da architetti e urbanisti, ora si rivela essere una necessità: garantire un'offerta di infrastrutture verdi di differenti tipologie. Queste aree, soprattutto se opportunamente piantumate, sono in grado di regolare il clima alla scala urbana. Allo stesso tempo, però, sono anche spazi di rifugio, soprattutto nei caldi mesi estivi, per tutti coloro che non hanno accesso ad adeguati spazi verdi privati. In questo senso, gli spazi verdi sono luoghi democratici e paritari, in quanto provvedono alla creazione di spazi per lo svago ed il benessere aperti a tutti, indipendentemente dalla ricchezza e dall'appartenenza sociale.

F.D. La progettazione degli spazi aperti accoglie le esigenze legate alla necessità di adattarsi agli effetti dei cambiamenti climatici con particolare riferimento al pluvial flooding e all'urban heat wave. I concetti di adattabilità, trasformabilità e

F.D. *The climatic, environmental and health crisis of the cities defines "new conditions of normality". As Prateeksha Singh, Head of Experimentation, UNDP AP Regional Innovation Team, recently stated we are experiencing some "new normals", that include threats and opportunities related to climate change, and they pose new demands[1]. Open spaces are becoming places to address the challenges of both climate change and changes in social relations, providing multi-level services, including those related to climate-regulating, recreation and cultural services. The MEA Report directly relates the dependence of each individual on nature and ecosystem services «to provide the conditions for a dignified, healthy and safe life»[2]. In this respect, green infrastructures represent a complex system to support urban life and coping with the environmental crisis. Therefore, urban design and landscape architecture are key points for reducing the climate change impacts in the city. What have been changed in landscape and open space design?*

N.K. *Climate change has made the institutional actors all project subjects aware of how essential is a sufficient supply of green spaces ~~is~~ for a city. What was once seen as a luxury - especially by architects and urban planners - is now becoming a necessity: to ensure a comprehensive supply of different types of green infrastructure. Green areas, especially if they are appropriately planted, regulate the urban climate. At the same time, however, they also represent retreat spaces, especially during the hot summer months for the all those who do not can access to appropriate private green spaces. According to these remarks, green spaces are also democratic and equal places, as they provide recreation opportunities for the all people, regardless their wealth ~~and~~ or influence.*

F.D. *The design of open spaces increasingly includes the need to adapt to the effects of the climatic hazards of pluvial flooding and urban heatwave. Angelucci and other authors can interpret the concepts of adaptability, transformability and reactivity as the new requirements that integrate the demand for the ecological efficiency of the human habitat in terms of adaptive capacity[3].*

1 Singh, P. (2020), *What are the new normals that Covid-19 might be pointing to?,* available at: https://medium.com/@undp.ric/what-are-the-new-normals-that-covid-19-might-be-pointing-to-d5abe71fa7b7

2 MEA - Millennium Ecosystem Assessment, (2005), *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being. Statement from the Board*

Climate adaptation requirements are now fundamental to making an open space capable of reducing vulnerability. The need to deal with the climate impacts, even in the long term scenarios, poses strong conditions of uncertainty in landscape design. How does the capacity of forecasting climate scenarios influence landscape design?

N.K. *Climate scenarios have so far provided mainly at a large scale. This fact allows to make climate scenarios in a particular region, so that it becomes clear what could be the main problems related to this (such as hot summers, lack of humidity in spring, frequent heavy rainfall events). Therefore measures can be planned for reducing risks, taking into account the corresponding climate adaptation strategies.*

It is much more difficult to make projections about the mesoclimatic or even microclimatic effects of climate change. However, many of approaches include model calculations to forecast wind, temperature, shadow effects or humidity in different design scenarios, in order to check the best design option at a local level. There will certainly be further advanced in this context, such approaches are only just beginning.

F.D. *The increases of uncertainty is not only about climate scenarios, but also the use of vegetation as a dynamic design material. This fact poses the need to quantify the effectiveness of open spaces in terms of climate adaptation. From this point of view the design of suitable indicators to measure such performances becomes fundamental for the project assessment. Berlin has built up a culture of indicators over time, since the Landscape Programme, in the 1990s. Berlin has anticipated the use of indicators (and, more in general, the capacity of collecting on-field data) for producing an evidence-based knowledge about the role of vegetation for reducing climate impacts. How such knowledge increase the project effectiveness?*

N.K. *A good data-base always helps to increase the effectiveness of the planned measures or the urban design. Especially in regard of the effects of climate adaptation strategies, it is necessary to have a comprehensive and large scale-area knowledge about the effects of the green spaces, vegetation on urban climate. Here, the city of Berlin has created a proper tool the FIS-Broker that fulfils exactly this purpose. It allows to get information on some important climate parameters to be gathered for every location in the city. They help to assess a situation and decide on the right measures to take.*

F.D. *More specifically, Berlin first introduced the Biotope Area Factor (BAF)[4]. How does the "quantitative approach" improve*

reattività possono essere interpretati come i nuovi requisiti che integrano la richiesta di efficienza ecologica dell'habitat umano come affermato da Angelucci e da altri autori nel 2013[3]. La necessità di mettere a punto strumenti di prefigurazione, quali ad esempio gli scenari climatici di medio - lungo periodo, pone forti condizioni di incertezza nella progettazione del paesaggio. In che modo la capacità di previsione degli scenari climatici influenza i landscape design?

N.K. Fino ad ora gli scenari climatici sono stati prodotti soprattutto alla scala territoriale. Questo permette di fare delle proiezioni climatiche in una particolare regione, in modo che siano chiare le future, potenziali minacce (estati molto calde, mancanza di umidità in primavera, precipitazioni intense).

È molto più difficile, invece, prevedere gli effetti mesoclimatici o addirittura microclimatici. Tuttavia, esistono approcci per includere modelli previsionali di comportamento negli scenari di progettazione, con particolare riguardo alle interazioni tra il costruito e il vento, alla temperatura, all'effetto dell'ombreggiamento o dell'umidità, al fine di verificare gli esiti della progettazione alla scala locale. In futuro ci saranno certamente ulteriori sviluppi in questa direzione, e tali sperimentazioni sono solo all'inizio.

F.D. Non solo gli scenari climatici, ma anche l'uso della vegetazione come un "materiale di progetto" dinamico aumenta l'incertezza sugli esiti dell'intervento, e pone la necessità di quantificare l'efficacia climatica degli spazi aperti. Da questo punto di vista la costruzione di indicatori idonei ad esprimere tali misure diventa fondamentale per la verifica del progetto. Berlino ha costruito nel tempo una cultura degli indicatori, iniziando negli anni Novanta con il Landscape Programme. In questo senso ha anticipato l'uso degli indicatori e, più in generale, la costruzione di banche dati, come strumenti chiave per produrre conoscenze basate sulla evidenza scientifica dell'efficacia della vegetazione sulla riduzione degli impatti climatici. Come possono incidere queste conoscenze sull'efficacia del progetto?

N.K. Una buona base di dati supporta l'efficacia delle misure di piano e del progetto. In particolare in merito alle strategie di adattamento climatico degli spazi aperti, è necessario disporre di un quadro di conoscenze completo sulla vegetazionee sulle interazioni tra di essa e i fenomeni climatici. A questo riguardo, la città di Berlino ha sviluppato lo strumento del FIS-Broker, che è indirizzato esattamente al raggiungimento di tale scopo in quanto consente di raccogliere informazioni su importanti parametri climatici per ogni località della città, parametri essenziali per la scelta sulle misure di contrasto al rischio climatico da adottare.

F.D. In particolare, la pubblica amministrazione berlinese, il Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, ha introdotto il BAF – Biotope Area Factor come strumento di pianificazione e di valutazione dell'efficacia ecologica delle superfici urbane[4]. In che modo "l'approccio quantitativo" riesce a supportare le

3 Angelucci, F., Di Sivo, M., Ladiana, D. (2013), "Reattività, adattabilità, trasformabilità: i nuovi requisiti dell'ambiente costruito", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 5, FU Press, Firenze, pp. 53-59.

4 Landschaft Planen & Bauen, Becker Giseke Mohren Richard, *The Biotope Area Factor*

decisioni nel landscape design?

N.K. Il BAF è un importante strumento di pianificazione. Esso ha lo scopo di prevenire l'ulteriore densificazione delle aree edificabili. Nel processo di pianificazione, il BAF introduce un duplice livello di controllo: dal punto di vista del proprietario dell'edificio, che viene reso consapevole delle misure compensative che è chiamato ad adottare in caso di interventi sull'edifico. Dall'altra parte, gli Enti amministrativi sono in grado di disporre sul territorio e di operare un controllo sulle trasformazioni.

Il BAF misura essenzialmente il grado di impermeabilizzazione, contribuendo così alla valutazione dell'efficacia dell'intervento sul piano dell'adattamento climatico. Esso mostra i valori associabili agli interventi che si rivelano in qualche misura "compensativi" delle trasformazioni urbane, (come l'inverdimento del tetto o delle facciate). Tuttavia, il BAF non rileva alcun dato significativo sull'efficacia ecologica di un intervento: per questo scopo dovrebbero essere incluse ulteriori variabili come la biodiversità, la connettività dell'area o la rarità delle specie utilizzate.

F.D. Le linee guida strategiche nell'ambito della gestione delle acque meteoriche e degli impatti climatici in contesto urbano sviluppate prima attraverso il "Rainwater Management Concepts. Greening buildings, cooling buildings. Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines" (2010) e successivamente con il "Climate Adaptation Plan. StEP Klima" (2016) hanno prodotto casi di studio di riferimento per la progettazione urbana adattiva, che rappresentano gli avanzamenti di una cultura progettuale a prova di clima in Europa. A Berlino sono state condotte interessanti sperimentazioni sul tema del monitoraggio degli effetti della vegetazione sulla regolazione microclimatica alla scala urbana, quale il caso dell'Institut für Physik di Adlershof. In che modo il monitoraggio e la misura dei risultati influisce su un progetto *climate proof*?

N.K. Questi esempi hanno un carattere didascalico: possono assumere un ruolo simbolico, portatore di un atteggiamento mutevole e contribuire alla diffusione dell'impiego di soluzioni tecniche innovative. Sono interventi pilota concepiti per mettere alla prova, esaminare e individuare misure di adattamento efficaci, implementabili e trasferibili in contesti altri da quelli sede della sperimentazione. Progetti come Potsdamer Platz, l'edificio della Facoltà di Fisica della Humboltd Universität nel distretto di Adlershof, o quello del Blocco 6 a Kreuzberg rappresentano veri e propri laboratori "sul campo" da cui possono trarre vantaggio altri progetti. La grande sfida del futuro non sarà solo quella di sviluppare progetti - pilota, ma anche di rendere le città resilienti in maniera diffusa. Ciò chiama in causa gli strumenti concettuali della decentralizzazione e della progettazione su base low-tech, così da rendere maggiormente efficiente la gestione di tali progetti, da ampliarne la trasferibilità e la riduzione dei costi. La de- impermeabilizzazione, la gestione sostenibile della risorsa acqua, la riduzione dei fabbisogni energetici, l'u-

as an Ecological Parameter. Principles for Its Determination and Identification of the Target (1990), Berlin, available at: https://www.berlin.de/sen/uvk/en/nature-and-green/landscape-planning/baf-biotope-area-factor/

communication and decisions in both planning and landscape design?

N.K. *The "biotope area factor" (BAF) is an important planning instrument. It is intended to prevent the further densification of building areas. In the planning and construction processes, it creates a double control opportunity: Safety on both sides: on the side of the householder, who knows what compensatory measures he has to take in the case of building intervention, and on the side of the licensing authority, as it can order and control the proposed measures. BAF essentially asseses the degree of the impervious surfaces, thus it interacts in particular with climate adaptation. BAF shows values for the typical climate-relevant, inner-city compensation measures (such as roof or façade greening). However, the BAF says nothing about the ecological effectiveness of a compensation measure. Additional variables such as the vegetation diversity, as well as the ecological connectivity of the area or the rarity of the species used would have to be included.*

F.D. *The strategic guidelines developed within the "Rainwater Management Concepts Greening buildings, cooling buildings. Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines" (2010) and/ or the ones provided by the Climate Adaptation Plan "StEP Klima" (2016) have produced a number of referenced case studies for the adaptive urban design, which represent the main advances of the climate proof project culture in Europe.*

In Berlin, there are some outstanding example of systematic monitoring of vegetation benefits ŧon urban climate (i.g. the case of the Institut für Physik case in Adlershof). How do the monitoring implements a nature-based and climate-proof project?

N.K. *The above-mentioned examples have a representative character: they can be symbols for a changing attitude to transfer new technical solutions. They are used to examine which measures can be usefully applied in other places and how they can be improved.*

Places like Potsdamer Platz, the physics building in Adlershof or the Block 6 in Berlin Kreuzberg act as on-field laboratories from which many other projects can take advantages.

The main challenge of the future will be not only about to produce such remarkable projects, but also to build resilient cities The latter usually requires the theoretical concepts of decentralization and of low-tech based approach, so that it will be possible to govern and replicate such best practices, even adopting low-cost models. Issues like soil sealing, water management, energy reduction, green infrastructure potential, and the inclusion of vegetation and biodiversity as shared values of

the project must become normal issues within the urban planning processes and for the design of urban open spaces.

so di materiali riciclabili, il potenziamento delle infrastrutture verdi, l'inclusione della vegetazione e della biodiversità come valore devono diventare "normali" nei processi di pianificazione urbana e nella progettazione degli spazi aperti.



Fig.1 - Berlino, quartiere Adlershof. Il Parco Johannistahl incide positivamente sulla riduzione dell'ondata di calore urbana / *Berlin, Adlershof district. The Johannisthal Park has a postive effect on urban heat wave reduction* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).

CASI STUDIO PER L'ADATTAMENTO AGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

CASE STUDIES FOR CLIMATE CHANGE ADAPTATION

a cura di/*editor* Renata Valente



Saylor Grove Stormwater Wetland, Philadelphia (PA, USA) (courtesy Philadelphia Water Department ph. Louis_Cook) In un'area di 3.25 acri nel Fairmount Park system, una zona umida per il trattamento delle acque piovane di 0,70 acri affronta l'impatto del runoff urbano e dell'erosione degli argini lungo il Monoshone Creek. Al termine di uno spartiacque urbanizzato di 156-acri, la zona umida filtra una grande porzione di circa 70 milioni di galloni di acqua piovana all'anno. Per ridurre le portate e i volumi di picco delle acque piovane, le rocce a cascata rallentano il flusso e depositano alcuni contaminanti. Le piante delle zone umide e la fauna selvatica aiutano il processo di filtrazione degli inquinanti da fonti non puntuali / *In a 3.25-acre area in the Fairmount Park system, a 0.70-acre stormwater treatment wetland addresses the impact of urban runoff and bank erosion along the Monoshone Creek. At the terminus of a 156-acre urbanized watershed, the wetland filters a large portion of approximately 70 million gallons of annual stormwater. To reduce peak stormwater flow rates and volumes, cascading rocks slow the flow and settle out some contaminants. Wetland plants and wildlife aid the filtration process of non-point source pollutants.* (asla.org/stormwater).

Esperienze di progetti ambientali multiscalari
Multi-scale Environmental Design Experiences

Renata Valente, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

Ambiente e scale

«Uno dei grandi temi della ricerca, in questo inizio di secolo, è stato quello dell'inaspettato salto di "scala" della nuova multi-città e quello del possibile salto "fra le scale" del progetto contemporaneo (o, se si preferisce, il tema dello slittamento interscalare tra città, luogo e oggetto architettonico). Se la forte trasformazione che stiamo vivendo nel campo delle discipline dello spazio (architettura, urbanistica, geografia, paesaggio…) allude, soprattutto, alla consapevolezza di una realtà più complessa (in quanto simultanea), instabile (in quanto dinamica) e molteplice (in quanto ormai diversa ed irregolare), ebbene questa manifestazione più "aperta" dei processi e delle loro conseguenze spaziali, richiede la necessità di concepire nuove logiche trasversali, di relazione e di interazione, tra termini e livelli diversi di realtà». (Gausa, 2008, p.1)

Questo cambio di paradigma si riflette anche nell'evoluzione del progetto ambientale, caratterizzato da più scale di lavoro. Ciò si verifica in due sensi: in primo luogo riguardando diverse possibili dimensioni di intervento, da quella regionale sino al design del componente. In secondo luogo, si sperimenta la coesistenza di piani di azione con livelli di avvicinamento differenti ma sempre intrinsecamente interrelati. Questi si riferiscono a una dimensione ampliata, riferita a contesti interconnessi del progetto ambientale, relativo a sistemi aperti e aree di porosa perimetrazione. Risulta indispensabile, pertanto, la cura delle dinamiche di processo, considerando ruoli, responsabilità e potere degli attori coinvolti, primo compito per cui il portato della disciplina della Tecnologia dell'Architettura si rivela di centrale importanza. A ben vedere, tuttavia, i due sensi di interscalarità descritti si riferiscono a reciproche relazioni tra aspetti di progetto che rimandano a rapporti frattali, dove la legge generale si ripete nelle determinazioni scalari, decodificando anche le mutue relazioni tra i livelli.

In linea con tali considerazioni, Pierre Belanger propone l'aspetto della transcalarità, concetto portante nell'approccio ecosistemico del progetto. «Design becomes telescopic, sliding across different scales, systems and strategies that are no longer defined by professional or political boundaries but rather by transdisciplinary, trans-boundary collaborations. In contrast to the hard, fixed infrastructures, this interpretation provides the room for the design of softer, looser ecological systems, with a concentration on the effects at macro and micro levels.» (Belanger, 2013, p.20). Dunque tale interscalarità è interna ai progetti adattivi, che comprendono visioni di area vasta insieme con le definizioni di dettaglio, realizzando quel concetto di design telescopico per cui si considerano contemporaneamente sguardi dalla messa a fuoco molto differente. È in questi casi che si ottiene una

Environment and scales

«One of the great themes of research, at the beginning of this century, was the unexpected leap of "scale" of the new multi-city and the possible leap "between the scales" of the contemporary project (or, if you prefer, the theme of the interscale shift between city, place and architectural object). If the strong transformation we are experiencing in the field of space disciplines (architecture, urban planning, geography, landscape...) alludes, above all, to the awareness of a more complex (as simultaneous), unstable (as dynamic) and multiple (as different and irregular) reality, well, this more "open" manifestation of processes and their spatial consequences, requires the need to conceive new transversal logic, relationship and interaction, between different terms and levels of reality ». (Gausa, 2008, p. 1)

This paradigm shift is reflected also in the evolution of the environmental project, characterized by multiple working scales. It occurs in two ways: first, by considering different possible dimensions of intervention, from the regional area to the design of the component. Secondly, coexistence of action plans with different but always intrinsically interrelated levels of approach is experienced. These refer to an extended dimension, to interconnected contexts of the environmental project, related to open systems and porous perimeter areas. Caring process dynamics, considering roles, responsibilities, and power of the involved actors, is the first important task of the discipline of Architectural Technology. However, the two senses of interscalarity described refer to mutual relations between design aspects that recall fractal relations, where the general rule is repeated in the scalar determinations, also decoding the mutual relations between the levels.

In line with these considerations, Pierre Belanger proposes the aspect of transcalarity, a fundamental concept in the ecosystemic approach of the project. «Design becomes telescopic, sliding across different scales, systems and strategies that are no longer defined by professional or political boundaries but rather by transdisciplinary, trans-boundary collaborations. In contrast to the hard, fixed infrastructures, this interpretation

provides the room for the design of softer, looser ecological systems, with a concentration on the effects at macro and micro levels» (Belanger, 2013, p.20). This interscalarity is internal to adaptive projects, which include wide area visions along with definitions of detail, realizing that concept of telescopic design for which different focusing looks are considered at the same time. In these cases, a greater chance of success is achieved by linking technical protocols for urban spaces transformation with the results at the highest scale. Examples are the initiatives of public administrations where different departments (environment, roads, sub-services, and social relations management) finalize interventions together to enhance the benefits.

According to this inter-scalarity model, two opposite directions can be identified, from general to particular and vice versa, both interesting as a process and as the effectiveness of the results. In the first case the public administration defines the considered territory providing the general framework to insert specific projects for each individual area with appropriate solutions. In the opposite case, considering a series of places, spaces and conditions suitable to solve a plurality of problems - new areas of aggregation, rainwater collection, implementation of the vegetation heritage, permeability of surfaces, removal of harmful materials - identifies a higher level network enhancing the results obtainable with each individual intervention. Therefore, you can look from both ends of the telescope: the technological project in all these cases is a valuable tool, governing both the process and the technical discourse, aspects where otherwise the operation of an even virtuous program may jam.

These reflections refer to the extension of the concept of interscalarity, not only physical and spatial, but also temporal. A purely engineering concept of resilience is aimed to the rapid rebound from stress to the initial state. Instead, considering the longer action time lets consider positive transformation of processes, rather than pursue rapid recovery or passive adaptation, taking the opportunity not to waste a crisis. In this sense the different temporal speeds are the slow action on a large scale, with progressive acceleration towards the detail dimension. Moreover, the pragmatic epistemological approach is based on experimentalism, multiscalarity of space and time, localism, addressing the relationship with uncertainty (Norton, 2002).

The three dimensions

While multiscalarity, as generally defined, concerns large working scales like in geography, in the adaptive environmental project it is particularly expressed on specific dimensions of intervention. This is also confirmed by an in-depth international literary review of ecosystem services provided by green infrastructure (Demuzere et alii, 2014), identifying the relevant

maggiore possibilità di successo collegando protocolli tecnici di trasformazione degli spazi urbani con gli esiti alla scala più alta. Esempi sono quelle iniziative di amministrazioni pubbliche nelle quali diversi dipartimenti come l'ambiente, le strade, la gestione dei sottoservizi e dei rapporti sociali finalizzano gli interventi in maniera congiunta per potenziare i benefici. Secondo tale modello di interscalarità, inoltre, si possono individuare due opposte direzioni, dal generale al particolare e viceversa, entrambe interessanti sia come processo progettuale che come efficacia dei risultati. Nel primo caso è sempre l'amministrazione pubblica che inquadra il territorio considerato per fornire il *framework* generale in cui inserire i progetti specifici per ogni singola area, redatti secondo soluzioni identificate come appropriate. Nel caso opposto è la considerazione di una serie di luoghi, spazi e condizioni idonee a risolvere una pluralità di problemi - nuove zone di aggregazione, raccolta di acque meteoriche, implementazione del patrimonio vegetazionale, permeabilizzazione delle superfici, rimozione di materiali nocivi - identificando di conseguenza un network di livello superiore che potenzi i risultati ottenibili con ogni singolo intervento. Dunque, usando il telescopio si può guardare da entrambe le estremità: il progetto tecnologico in tutti questi casi costituisce strumento prezioso, governando sia il processo, sia il discorso tecnico, aspetti dove altrimenti può incepparsi il funzionamento di un programma pur virtuoso.

Tali riflessioni rimandano all'estensione del concetto di interscalarità oltre che fisica e spaziale, anche temporale. Una concezione solo ingegneristica della resilienza da potenziare si basa sull'obiettivo di rapido rimbalzo dallo stress allo stato iniziale. Invece una considerazione del tempo più lungo di azione va verso il concetto di trasformazione positiva dei processi (cogliendo l'opportunità di non sprecare una crisi) piuttosto che in senso di rapido recupero o adattamento passivo. In tal senso le diverse velocità temporali sono quelle dell'azione lenta alla grande scala, con progressiva accelerazione verso la dimensione di dettaglio. Del resto, l'approccio epistemologico pragmatista si fonda su sperimentalismo, multiscalarità di spazio e tempo, localismo, affrontando il rapporto con l'incertezza (Norton, 2002).

Le tre dimensioni

Se la multiscalarità, come generalmente definita, riguarda scale vaste di lavoro come quella geografica, nel progetto ambientale adattivo si esplicita in particolare su specifiche dimensioni di intervento. La conferma viene anche da un approfondito studio internazionale di *literary review* sui servizi ecosistemici resi dalle infrastrutture verdi (Demuzere et alii, 2014), individuando le scale spaziali rilevanti, le diverse dinamiche spazio-temporali e le interazioni tra i servizi. Gli autori sottolineano infatti l'importanza dell'analisi interscalare, sia per distinguere le differenze dei benefici stessi, sia per poter generalizzare, settando tre scale di riferimento dei progetti: regionale/cittadina, distretto/quartiere e blocco/sito.

Poiché le aree urbane hanno bisogno di decisioni politiche e strategiche per regolare schemi di adattamento al cambiamento climatico, il set di scale aiuta a scegliere quelle utilizzabili e i diversi approcci di analisi. Lo schema riportato in Fig. 1 distingue i benefici rilevanti per ciascuna scala del set, individuando quelli comuni. In assonanza con tali risultanze, il lavoro di ricerca documentato in questa sede ha selezionato venti casi studio, per riflettere su differenze, analogie e benefici apportati. Gli esempi sono classificabili per area vasta comunale e metropo-

litana, scala di distretto e di ridisegno di dettaglio di spazi aperti di connessione. Nel primo e nel secondo caso si possono confrontare strumenti utilizzati e criteri di perimetrazione, dal bacino o sottobacino idrografico al transetto, mentre alla scala più ravvicinata si comparano i repertori di soluzioni suggerite, generalmente *nature based*.

Nelle esperienze dei piani di adattamento di Barcellona, Amburgo, Berlino, Rotterdam, Padova, o nel piano di forestazione urbana di Bologna, si riflettono le politiche scelte dalle amministrazioni integrando strategie multi-scalari e risposte a esigenze diverse delle città, come la necessità di residenze e riqualificazioni di zone marginali, presentando anche virtuose collaborazioni tra istituzioni o di partnership pubblico-privato. D'altro canto, i progetti pilota degli eco-distretti francesi e svedesi presentati si fondano su rigenerazioni urbane integrate, smart recovery, recuperi di relazione con l'acqua o con il centro storico, dove gli aspetti di sostenibilità pervadono le strategie operative ad ogni scala. I progetti singoli di strade e spazi aperti urbani dal nord America, nord Europa e dal sud della Spagna presentano la scala più ravvicinata del progetto adattivo, che tuttavia si esprime e rafforza in strategie urbane generali. In particolare, come documentato da quanto avviene a Portland, Seattle e Filadelfia, i programmi delle green street si fondano su strategie basate su dati generali e relative elaborazioni, completandosi con abachi e repertori di soluzioni. Tale è il secondo ambito di lavoro individuato come proprio della Tecnologia dell'Architettura, dove si studiano possibilità di replicabilità e normative tecniche per le *Nature Based Solutions*, offrendo contributi e strumenti per la corretta ed efficace operatività della riqualificazione urbana. Anche in questi casi la direzione di scalarità può essere biunivoca, sia per normare i dettagli dei piani ambientali, sia in senso opposto nel ricondurre a regolamento tecnico l'insieme dei dettagli studiati alla scala ravvicinata.

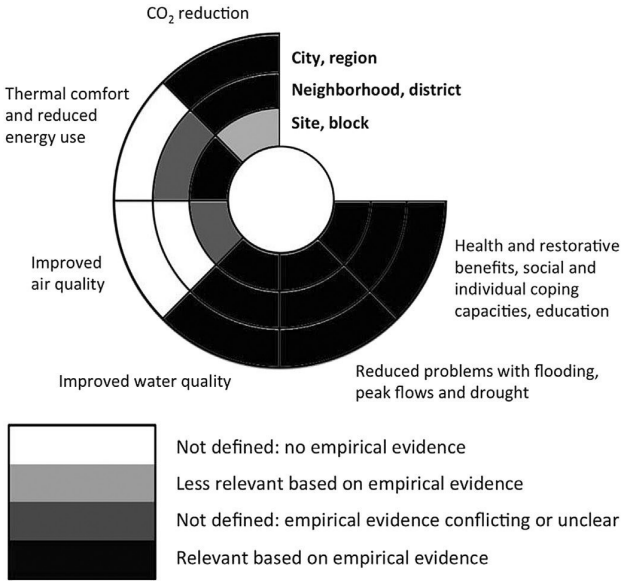


Fig. 1 - Rilevanza dei benefici delle infrastrutture verdi urbane su tre scale spaziali / *Relevance of the benefits from green urban infrastructure on three spatial scales* (Source: Demuzere et alii, 2014).

spatial scales, the different spatio-temporal dynamics and the interactions between services. The authors emphasize the importance of interscalar analysis, both to distinguish the differences of the benefits themselves and to generalize, setting three scales of reference for the projects: regional/city, district/neighbourhood and block/site. As urban areas need political and strategic decisions to regulate climate change adaptation schemes, the set of scales helps to choose the available ones and the different approaches of analysis. The scheme shown in Fig. 1 distinguishes the relevant benefits for each scale.

In line with these findings, the research work selected twenty case studies to reflect on differences, similarities and benefits. The examples can be classified by large municipal and metropolitan area, district scale, and redesign of open connection spaces. In the first and second case it is possible to compare used tools and perimeter criteria, from the catchment area to the transept, while the closest scale can be compared with suggested solutions, generally nature-based.

In the experiences of the adaptation plans of Barcelona, Hamburg, Berlin, Rotterdam, Padua, or in the urban forestation plan of Bologna, the policies chosen by the administrations integrate multi-scale strategies and responses to different needs of cities, such as housing and redevelopment of marginal areas, presenting also virtuous collaborations between institutions or public-private partnerships. On the other hand, the pilot projects of the French and Swedish eco-districts presented are based on integrated urban regeneration, smart recovery, improvement of relationships with water or the historic centre, where sustainability aspects pervade operational strategies at every scale. The projects of urban streets and open spaces from North America, North Europe and Southern Spain present the closest scale of the adaptive project, which however is expressed and strengthened in general urban strategies. As documented in Portland, Seattle and Philadelphia, the green street programs present general data-based strategies and related elaborations, detailed with solution repositories. This is the second area of work we identify for Architectural Technology, studying replicability possibilities and technical regulations for nature-based solutions, offering contributions and tools for the correct and effective urban regeneration. In these cases, the direction of scalarity can be two-way, both standardising the environmental plans details, and in the opposite direction bringing all them back to general technical regulations.

Interscalarity, interdisciplinarity, transdisciplinarity

Among the interscalarity issues there are also the intrinsic concepts of interdisciplinarity and transcalarity of new competences (Belanger, 2006) since the vertical relationship between the

scales implies the relationship between different disciplines.«In order to address the current limitations and challenges in understanding cross scale dimensions of resilience, we need more multidisciplinary, sustainability-focused, equity-oriented and cross-boundary approach for tackling development and sustainability challenges»(Chelleri et alii, 2015).

According to this criterion, traditional disciplinary boundaries fade into new composite professions, to look at complexity by integrating hard and soft sciences, introducing the concept of transdisciplinarity as multiscale expertise. This scientific approach was introduced by Jean Piaget in 1970, «to identify links within a total system without stable boundaries between the disciplines themselves». In 1985 Nicolescu introduced the concept of "beyond disciplines", defining the three methodological postulates of the existence of different degrees of reality, perception and knowledge, the logic of the third included and complexity. As a "scientific utopia", transdisciplinarity tends to a new knowledge from paradigms common to different disciplines. In this sense, in 2001 Tim Ingold, anthropologist and technical expert, referred to a new transdisciplinary map for a complete look at reality, integrating various points of observation. About the design field, this vision combines the epistemological perspective of systems theory with an innovative operational model for problem solving (Thompson Klein, 2014). However, in this way institutional and methodological barriers are faced, taking the risk of working at the borders of the specific professions (Darbellay, 2015). This is reflected in what we identify as the third constant challenge of Architectural Technology, discipline that deals more directly with the transdisciplinary issue, in questioning how to transform places, both calling into question transversal skills, and re-discussing epistemologies and methods, drawing inspiration for new future projections.

Interscalarità, interdisciplinarità, transdisciplinarità

Tra le questioni legate all'interscalarità vi sono anche i concetti intrinseci di interdisciplinarità e transcalarità di nuove competenze (Belanger, 2006), poiché la relazione verticale di rapporti tra le scale dei temi implica l'interazione tra discipline differenti.

«In order to address the current limitations and challenges in understanding cross scale dimensions of resilience, we will need more of a multidisciplinary, sustainability-focused, equity-oriented and cross-boundary approach for tackling development and sustainability challenges» (Chelleri et alii, 2015, p. 194).

Secondo tale criterio, i tradizionali confini disciplinari sfumano in nuove professionalità composite, per guardare alla complessità integrando scienze dure e molli, introducendo il concetto di transdisciplinarità come *expertise* multiscalare. Come è noto, tale approccio scientifico fu introdotto da Jean Piaget nel 1970, per «individuare quei collegamenti all'interno di un sistema totale senza confini stabili tra le discipline stesse». Nel 1985 Nicolescu introdusse il concetto di "oltre le discipline", definendo i tre postulati metodologici dell'esistenza di differenti gradi di realtà, percezione e conoscenza, la logica del terzo incluso e la complessità. In quanto "utopia scientifica", la transdisciplinarità tende a un nuovo sapere costituito da paradigmi comuni a differenti discipline. In tal senso, nel 2001 Tim Ingold, antropologo studioso delle tecniche, ha rimandato ad una nuova mappa transdisciplinare, per uno sguardo completo sulla realtà, integrando vari punti di osservazione. In relazione al campo della progettazione, tale visione unisce la prospettiva epistemologica della teoria dei sistemi con un modello operativo innovativo per la soluzione dei problemi (Thompson Klein, 2014). Tuttavia, in tal modo si affrontano barriere istituzionali e metodologiche, correndo il rischio di lavorare ai confini degli specifici professionali (Darbellay, 2015). Ciò si riflette in quella che individuiamo come terza sfida costante propria della Tecnologia dell'Architettura, disciplina che, nell'interrogarsi sul come trasformare i luoghi, affronta più direttamente la questione transdisciplinare, sia chiamando in causa competenze trasversali, sia ridiscutendo epistemologie e metodi, traendo spunti per nuove proiezioni future.

References

Belanger, P. (2013), "Infrastructural Ecologies" in *The Infrastructure Research Initiative at SWA editors, Landscape Infrastructure: Case Studies by SWA*, Birkhäuser, Basel

Chelleri, L., Waters, M., Olazabal, M. & Minucci, G. (2015), "Resilience trade-offs: addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience", *Environment & Urbanization Copyright*, vol 27(1), pp. 181–198.

Darbellay, F. (2015), "Rethinking inter- and transdisciplinarity: Undisciplined knowledge and the emergence of a new thought style", *Futures*, vol. 65, pp.163-174.

Demuzere, M., Orru, K., et al. (2014), "Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure", *Journal of Environmental Management,* vol .146, pp. 107-115.

Gausa, M. (2008), "I limiti", available at: http://www.iuav.it/Facolta/facolt--di2/WORKSHOP-A/WORKSHOP-21/index.htm (accessed 14 April 2020)

Ingold, T. (2001), *Ecologia della cultura*, Meltemi, Roma.

Norton, B. G. (2002), "A Pragmatist Epistemology for Adaptive Management", in Keulartz, J., Korthals, M., Schermer, M. & Swierstra, T.E. (eds), *Pragmatist Ethics for a Technological Culture*, Springer, Berlin, pp. 171-190.

Thompson Klein, J. (2014), "Discourses of transdisciplinarity: Looking Back to the Future", *Futures*, vol. 63, pp. 68-74.

Il Piano di Adattamento Climatico di Barcellona 2018-2030
Pla Clima de Barcelona 2018-2030

Enza Tersigni, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Time of realization	2018-ongoing
Location	Barcelona, Spain
Climate zone	Csa
Hazard	Heat waves, water scarcity, floodings, sea level rise
Intervention scale	Town
Level of governance	Barcelona City Council

«Noi, le città, non possiamo permetterci di aspettare e vedere se le proposte [nazionali] siano sufficientemente ambiziose. Il futuro della lotta ai cambiamenti climatici si gioca nelle nostre strade e piazze. Siamo nei luoghi in cui vive la maggior parte della popolazione, siamo i principali responsabili delle emissioni di gas a effetto serra e siamo al centro dell'innovazione. Se vogliamo che le cose cambino, dobbiamo iniziare cambiando noi stessi. Ciò sarà possibile solo se tutti assumiamo una responsabilità comune: cittadini, aziende, associazioni e autorità». Con queste parole Ada Colau Ballano, sindaco di Barcellona, introduce il *Pla Clima de Barcelona 2018-2030*, un ambizioso piano di mitigazione e adattamento climatico pubblicato nel 2018, in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi.

Il Piano si basa su collaborazioni e impegni preesistenti: il Consiglio Comunale si è concentrato sulle problematiche climatiche per diversi anni e ha firmato numerosi accordi[1], fermamente impegnato nell'attuazione a scala locale delle politiche climatiche ed energetiche concordate a livello europeo e internazionale. Molteplici misure governative e piani strategici sono stati elaborati negli ultimi anni per raggiungere gli obiettivi climatici; il Piano per il Clima riconosce le misure già pianificate e si concentra su quelle che devono essere ulteriormente sviluppate o su misure innovative che non hanno ancora superato la fase di programmazione. Un processo partecipativo di co-produzione è stato messo in moto al fine di raccogliere le proposte dei cittadini o delle organizzazioni operanti sul territorio.

Il Piano Climatico di Barcellona deve far fronte alla necessità di ridurre le emissioni di gas a effetto serra e adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici specificando target e azioni da attuare tra il 2018 e il 2030, con l'obiettivo di ridurre le emissioni del 45% e diventare *carbon neutral* entro il 2050. La sfida riguarda una delle città più dense d'Europa, con 1,6 milioni di abitanti in 101,3 km^2 e un'area metropolitana di oltre 3,2 milioni di abitanti. Nel corso di un secolo, la città è

1 Pacte d'alcaldes i alcaldesses per l'energia (2008), Compromís Ciutadà per la Sostenibilitat (2012-2022), Campanya "Making Cities Resilient" i els seus 10 'essentials' (2013), Pacte dels alcaldes i alcaldesses per l'adaptació (2014), Declaració de París de compromís de les ciutats en la lluita contra el canvi climàtic (2015), Compromís de Barcelona pel Clima (2015), Compact of Mayors (2015), Pacte dels alcaldes pel clima i l'energia (2017), Global Covenant of Mayors for Climate & Energy (2017).

«We, the cities, cannot afford to wait and see whether [national] proposals are ambitious enough. The future of the fight against climate change is being played out in our streets and squares. We are where most of the population lives, the people most responsible for greenhouse gas emissions and the main focus of innovation. If we want things to change, we have to start by changing ourselves.

That will only be possible if we all take joint responsibility: citizens, companies, associations and authorities». With this words Ada Colau Ballano, Mayor of Barcelona, introduces Barcelona's Climate Plan 2018-2030, an ambitious Paris Agreement-compatible plan released in 2018.

The Plan builds on existing collaboration and commitments: Barcelona City Council has been working on climate issues for some years and has signed several agreements[1], firmly committed to implementing locally the climate and energy policies agreed on a European and international level. Various government measures and strategic plans have been drawn up over the last few years to achieve the climate goals.

The Climate Plan recognises that these measures are already planned and therefore focuses on those that need to be developed further or on innovative measures that have not yet passed the planning stage. A co-production participatory process was set in motion in order to gather the ideas of any individuals

1 Covenant of Mayors on Energy (2008), Citizen Commitment to Sustainability (2012-2022), "Making Cities Resilient" campaign and its "10 essentials" (2013), Covenant of Mayors on Adaptation (2014), Paris Declaration committing cities to the fi ght against climate change (2015), Barcelona's Commitment to the Climate (2015), Compact of Mayors (2015), Pacte dels alcaldes pel clima i l'energia (2017), Global Covenant of Mayors for Climate & Energy (2017).

or organisations who wanted to contribute.

Barcelona's Climate Plan faces the need to reduce greenhouse gas emissions and adapt to the impacts of climate change specifying goals, targets and actions to be implemented between 2018 and 2030, with the target of reducing emissions by 45% on route to becoming carbon neutral by 2050. The challenge concerns one of the densest cities in Europe, with 1.6 million inhabitants in 101.3 km² and a metropolitan area of more than 3.2 million inhabitants. In the course of a century, the city has gone from an industrial to a tertiary base highly specialised in tourism, doubling its number of visitors in the last decade. Set between water and mountain, standing between the Coastal Mountain Range, the Mediterranean Sea, the River Besòs and Montjuïc mountain - it is characterized by a mild climate.

The Climate Plan includes an overview of the local future climate: the analysis, developed on the basis of Catalan Meteorological Service projections, focus on a committed scenario (RCP4.5) in which the 2015 Paris Agreement emission reduction targets are achieved, and on a passive scenario (RCP8.5) with an increase in global temperature considerably higher than 2ºC. Climate change challenges that the city will have to face are increasing risk from extreme heat, reduce water availability, more flooding and shrinking beaches and coastal protection due to sea level rise.

Analysis on climate change effect are integrated with vulnerability studies based on risk indicators: Barcelona vulnerability map in heat waves, for example, is developed crosschecking the increase in temperature, which affects city neighbourhoods differently, with the vulnerability associated with risk parameters (population over 75; energy behaviour of buildings in relation to their air-conditioning demand; lack of vegetation and the socio-economic indicator of insufficient training).

A multi-scale approach has been adopted in analysing some specific issues (such as the water cycle), considering wider geographic scales (metropolitan, regional, state and international). Consequently, the Climate Plan envisages a range of measures, ranging from international cooperation to others on a neighbourhood scale.

Furthermore, the Plan had to be consistent with the policies and plans of higher authorities, especially in the metropolitan sphere; therefore organisations, companies and ordinary citizens were involved in the process in order to promote co-responsibility. Finally, it has to do that with a holistic, intradisciplinary vision, where measures are projected and put into practice with a mainstream approach, integrating all sectors.

Keywords

Resilience, mitigation, adaptation, carbon-neutral city, effi-

passata da un'economia a base industriale a una principalmente terziaria, altamente specializzata nel turismo, raddoppiando il numero di visitatori nell'ultimo decennio. Situata tra il mare e le montagne, tra la catena montuosa costiera, il Mar Mediterraneo, il fiume Besòs e la montagna Montjuïc, la città è caratterizzata da un clima mite.

Il Piano include uno studio sugli scenari climatici locali: l'analisi, sviluppata sulla base delle proiezioni del Servizio Meteorologico Catalano, si concentra su uno scenario di stabilizzazione (RCP4.5) in cui gli obiettivi della riduzione delle emissioni dell'Accordo di Parigi del 2015 sono raggiunti e su uno scenario passivo (RCP8.5) con un aumento della temperatura globale considerevolmente superiore ai 2°C.

Le sfide dei cambiamenti climatici che la città dovrà affrontare comprendono l'aumento del rischio dovuto al caldo estremo, la riduzione della disponibilità d'acqua, l'incremento delle inondazioni con conseguente riduzione delle spiagge e la protezione delle coste in prospettiva di un innalzamento del livello del mare.

Le analisi sull'effetto dei cambiamenti climatici sono integrate con studi sulla vulnerabilità basati su indicatori di rischio: la mappa della vulnerabilità di Barcellona alle ondate di calore, ad esempio, è sviluppata interrelando i dati sull'aumento di temperatura, che colpisce i quartieri in modo differente, con la vulnerabilità associata ai parametri di rischio (la presenza di popolazione di età superiore ai 75 anni; il comportamento energetico degli edifici in relazione alla loro domanda di condizionamento; la presenza di vegetazione e l'indicatore socio-economico legato al livello di istruzione e formazione).

Un approccio multi-scalare è stato adottato nell'analisi di alcuni aspetti specifici (come il ciclo dell'acqua), considerando scale territoriali più ampie (metropolita-

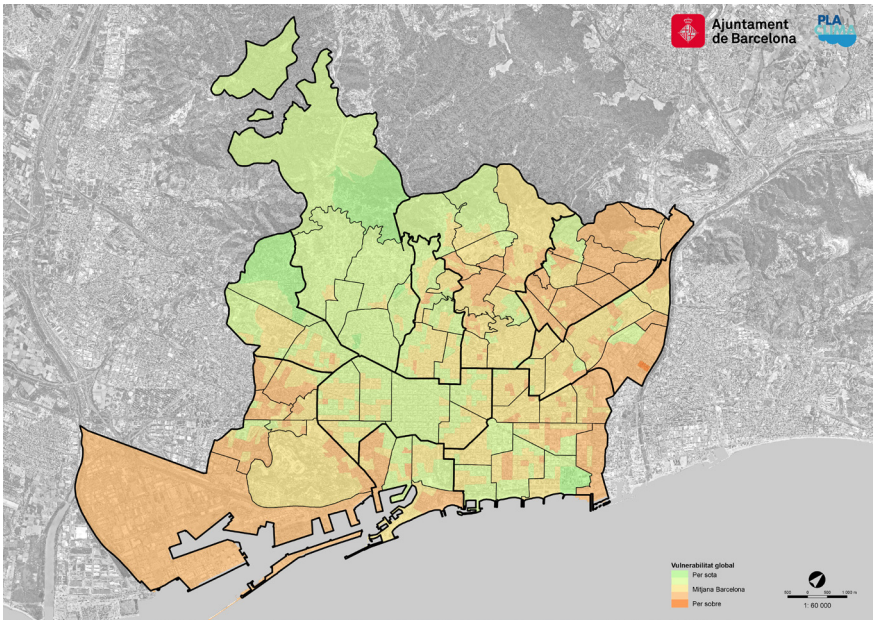


Fig. 1 - Mappa della vulnerabilità di Barcellona alle ondate di calore / *Barcelona's vulnerability in heat waves map* (Source: Barcelona Regional, 2017).

na, regionale, statale e internazionale). Di conseguenza, il Piano prevede una serie di misure che vanno dalla cooperazione internazionale, alla scala di quartiere. Inoltre, il Piano è subordinato alla coerenza rispetto alle politiche amministrative e istituzionali, specialmente nell'ambito del governo metropolitano; pertanto organizzazioni, aziende e cittadinanza sono stati coinvolti nel processo al fine di promuoverne la corresponsabilità. Infine, le misure sono progettate e programmate integrando tutti i settori in modo trasversale, all'interno di una visione olistica e interdisciplinare.

Parole chiave

Resilienza, mitigazione, adattamento, città a zero emissioni, efficienza, energie rinnovabili, mobilità sostenibile, infrastrutture verdi e blu, economia verde e circolare, giustizia climatica, salute, qualità della vita.

Obiettivi

L'impegno di Barcellona è quello di ridurre il contributo della città ai cambiamenti climatici, anticipare e prepararsi agli effetti e ai rischi migliorando la capacità di risposta e riducendo la vulnerabilità degli abitanti.

Gli obiettivi e i target del Piano per il Clima per il 2030 si basano su quattro diverse linee strategiche: mitigazione, adattamento, giustizia climatica e promozione dell'azione dei cittadini.

Sono definite 242 azioni, raggruppate in 18 linee di intervento e queste a loro volta sono raccolte in cinque domini che corrispondono ai principali temi che il piano intende affrontare in modo intersettoriale: il benessere delle persone; il miglioramento dell'efficienza degli edifici; la trasformazione gli spazi pubblici in



Fig. 2 - Serbatoi di contenimento esistenti a Barcellona 2018 / *Existing regulating tanks in Barcelona 2018* (Source: resccue.eu) .

ciency, renewables, sustainable mobility, green and blue infrastructure, green and circular economy, climate justice, health, quality of life.

Goals

Barcelona's commitment is to reduce the city contribution to climate change, anticipating climate risks, improving its response capacity and reducing the vulnerability of people by guaranteeing their health and well-being. Climate Plan goals and targets for 2030 are based on four differ strategic lines: mitigation, adaptation, climate justice and the promotion of citizen action. It provides 242 actions, grouped into 18 lines of action, and these in turn into five action domains corresponding to the major issues that the plan is intended to address directly in a cross-departmental way: people's well-being; improved building efficiency; transforming public spaces into healthy, biodiverse, efficient and inclusive settings; uncoupling the quality of people's lives from economic growth, with a circular vision that makes the most of resources and avoids generating waste and emissions; collaboration from an informed, critical, proactive, empowered citizenry.

Mitigation and adaptation strategies and actions

The Climate Plan mitigation strategy goes further than Barcelona's commitments on a local level (>40%) and aligns itself with the regional target for 2030 set in the Catalan Act[2] (>50%) and carbon neutrality by 2050. In view of the estimated annual population increase between 2016 and 2030 of 0.3%, which means a rise from 1,608,746 to 1,677,047 inhabitants, the City of Barcelona commits to update its emissions reduction trajectory, to maintain an up-to-date estimate of residual emissions. The reduction of GHG emissions is principally carried out by restricting traffic in the city, creating low-emissions zones that are off-limits most polluting vehicles, expanding the areas restricted to traffic, introducing a speed of 30km/h in more than half of the city's streets. Moreover, the City Council is pushing for generating systems to be installed in buildings, facilities and public spaces that make use of available, local, waste or renew-

2 *The Catalan Climate Change Act envisages a transition to an emission neutral economy with a reduction in greenhouse gases (GHGs) of 40% by 2030, 65% by 2040 and 100% by 2050 compared to the base year of 1990. The Act does not specify the contribution of cities to that target but, to achieve it, Barcelona would have to reduce its GHG emissions per capita by more than 50% compared to 2005 (the benchmark year for the Climate Plan) by 2030.*

able resources, principally the sun, to reduce the amount of energy that comes from the grid. The adaptation strategy mainly relies on the increase of the quantity and quality of green and blue infrastructure.

The goal "Many more green areas" consolidates a strategy already stated in previous plans (Barcelona Green Infrastructure and Biodiveristy Plan 2013-2020, Programme to Promote the City's Urban Green Infrastructure 2017, Tree Master Plan 2017-2037) that already envisaged greening actions, promoting biodiversity and the development of a network of urban green corridors. Barcelona has a dense and well-established urban layout, making it difficult to provide for future urban parks, so alternative options for increasing greenery in the city that go beyond new green spaces are proposed.

Examples include improving the city's current greenery and extending it to spaces so far never considered for such purposes, as well as superblocks and initiatives in the citizen sphere that help to green up the city, such as green roofs and walls and even green balconies. The greenery goal is to play a more significant role and take centre place in other urban policies that greenery may affect, such as urban planning, mobility, public health, sustainability, social rights and culture.

A specific attention is paid on the water cycle strategy, optimising the use of groundwater, promoting the use of rain and regenerated water and facilitating water infiltration into the subsoil. Measures implemented so far include the construction of 15 rainwater retention tanks that protect the city against intense rain episodes, as well as the quality of the receiving environment and the promotion of sustainable urban drainage systems, which operate like natural processes for filtering, storing, infiltrating and evaporating runoff water in a decentralised manner that supplements the network of collectors and large tanks. By 2050, a 12% reduction in surface resources and a 9% reduction in underground resources is forecast, along with a 4% increase in demand for different uses.

There will therefore be a general need for additional potable water resources in the metropolitan area of 34 hm^3 a year, with Barcelona's need estimated at 18 hm^3 a year. In order to obtain the extra water needed it is planned to increase the use of alternative water resources, namely, 2.7 hm^3 of groundwater for all municipal uses that do not require potable water quality, 5 hm^3 of regenerated water for industrial uses and 1.3 hm^3 of grey water in new housing developments and renovation projects, besides exploiting the Besòs aquifer (12 hm^3) and using rainwater. There is also the desalination plant, which can provide water when necessary.

Finally, Barcelona's beaches, affected by the risk of sea storms, are the focus of adaptation plans to prevent the loss of

luoghi caratterizzati da biodiversità, efficienti e inclusivi; la distinzione fra la qualità della vita delle persone e la crescita economica, con una visione circolare che sfrutti al massimo le risorse ed eviti di generare rifiuti ed emissioni; la collaborazione da parte di una cittadinanza informata, critica, proattiva e responsabilizzata.

Strategie e azioni di mitigazione e adattamento

La strategia di mitigazione va oltre gli impegni di Barcellona a livello locale (> 40%) e si allinea con l'obiettivo regionale per il 2030 stabilito dalle misure regionali catalane[2] (> 50%) e la *carbon neutrality* entro il 2050. In considerazione dell'aumento annuale stimato dello 0,3% della popolazione tra il 2016 e il 2030, che corrisponde a un aumento da 1.608.746 a 1.677.047 abitanti, la città di Barcellona si impegna a rivedere costantemente la sua traiettoria di riduzione delle emissioni, per mantenere una stima aggiornata. La riduzione delle emissioni di gas a effetto serra viene demandata principalmente alla limitazione del traffico in città, con la creazione di zone a basse emissioni precluse ai veicoli inquinanti, l'espansione delle aree limitate al traffico e l'introduzione di limiti di velocità di 30 km/h in oltre la metà delle strade urbane. Inoltre, il Consiglio Comunale promuove per edifici, attrezzature e spazi pubblici l'installazione di sistemi di generazione di energia che utilizzino risorse locali, provenienti da rifiuti o da fonti rinnovabili, principalmente solari, per ridurre la quantità di energia proveniente dalla rete.

La strategia di adattamento si basa principalmente sull'aumento della quantità e della qualità delle infrastrutture verdi e blu. L'obiettivo *Molt més verd* consolida una linea di azione già dichiarata in precedenti piani (*Pla del verd i de la biodiversitat de Barcelona 2013-2020, Programa d'impuls de la infraestructura verda urbana 2017, Pla director de l'arbrat 2017-2037*) che prevede azioni di *greening*, la promozione della biodiversità e lo sviluppo di una rete di corridoi verdi urbani. Barcellona ha una struttura urbana densa e ben consolidata, ciò rende difficile prevedere nuovi parchi urbani; nel Piano vengono quindi proposte soluzioni alternative come il miglioramento della vegetazione esistente della città e l'inserimento del verde in lotti liberi, nonché all'interno degli isolati e degli spazi privati, come tetti, facciate e balconi. L'obiettivo finale è far sì che la vegetazione torni a svolgere un ruolo centrale nelle politiche urbane come la pianificazione urbana, la mobilità, la sanità pubblica, la sostenibilità, i diritti sociali e la cultura.

Un'attenzione specifica è rivolta alla strategia del ciclo dell'acqua, ottimizzando l'uso delle risorse sotterranee, promuovendo il recupero e il riciclo delle acque piovane e facilitando l'infiltrazione nel sottosuolo. Le misure attuate finora includono la costruzione di 15 serbatoi di raccolta delle acque piovane capaci di proteggere la città da fenomeni di precipitazioni intense, promuovendo sistemi di drenaggio urbano sostenibili, che simulano i processi naturali di filtraggio, stoccaggio, infiltrazione ed evaporazione dell'acqua di deflusso, decentralizzando e

2 La legge catalana sui cambiamenti climatici prevede una transizione verso un'economia neutrale in termini di emissioni con una riduzione dei gas a effetto serra (GHG) del 40% entro il 2030, del 65% entro il 2040 e del 100% entro il 2050 rispetto all'anno di riferimento del 1990. La legge non specifica il contributo delle città a tale obiettivo ma, per raggiungerlo, Barcellona dovrebbe ridurre le emissioni di GHG pro capite di oltre il 50% rispetto al 2005 (anno di riferimento per il Piano Climatico) entro il 2030.

integrando la rete di collettori e grandi serbatoi. Entro il 2050 è prevista una riduzione del 12% delle risorse di superficie e del 9% delle risorse sotterranee, insieme a un aumento del 4% della domanda per diversi usi. Si stima un incremento nella domanda di risorse idriche per l'acqua potabile nell'area metropolitana di 34 hm^3 l'anno, con un fabbisogno per la città di Barcellona stimato in 18 hm^3 l'anno.

Al fine di ottenere l'acqua necessaria, si prevede di aumentare l'uso di risorse idriche alternative, vale a dire 2,7 hm^3 di acque sotterranee per tutti gli usi municipali che non richiedono gli standard di qualità dell'acqua potabile, 5 hm^3 di acqua rigenerata per usi industriali e 1,3 hm^3 di acque grigie in nuovi progetti abitativi e interventi di ristrutturazione, insieme allo sfruttamento della falda acquifera di Besòs (12 hm^3) e al riutilizzo dell'acqua piovana. È inoltre previsto un impianto di dissalazione capace di fornire acqua in caso di necessità. Infine, le spiagge di Barcellona, soggette al rischio di mareggiate, sono al centro dei piani di adattamento per prevenire la perdita di sabbia e proteggere il lungomare. Nell'ambito del *Pla d'estabilització de les platges de Barcelona* nel 2009 e 2010 sono state costruite dighe e sono stati introdotti oltre 700.000 m^3 di sabbia. Scenari futuri prevedono più inondazioni, processi di erosione delle spiagge e una maggiore esposizione delle infrastrutture portuali. Il Piano prevede quindi azioni specifiche per mantenere e sfruttare al meglio i servizi ambientali offerti dal mare e dalla costa per combattere i cambiamenti climatici: naturalizzare la costa di Barcellona; promuovere un uso sostenibile del mare promuovendo attività ecocompatibili; aumentare la biodiversità marina installando barriere artificiali; ridurre gli scarichi delle acque meteoriche da dilavamento durante i periodi di forti piogge, garantendone il preventivo trattamento; favorire la protezione e l'espansione degli attuali pozzi di assorbimento del carbonio in mare.



Fig. 3 - Il deposito sotterraneo di raccolta delle acque piovane della *Escola Industrial* situato al di sotto un campo da calcio di 94×54m, con una profondità media di 7 m e una capacità di raccolta di 35.000 m^3 / *The underground rainwater harvesting tank of the Escola Industrial located under a football field of 94 × 54 m, with an average depth of 7 m and a collection capacity of 35,000 m³* (Source: Ocampo-Martinez et al., 2007).

Soluzioni adattive e mitigative

La strategia di mitigazione mira a ridurre i livelli di emissioni di CO_2 equivalente del 45% pro capite rispetto a quelli del 2005 principalmente mediante le seguenti misure: la riduzione gli spostamenti con veicoli privati del 20%; il rinnovo del 100% del parco autobus dei servizi di trasporto pubblico, taxi e auto comunali con veicoli a basse emissioni; l'incremento della generazione di energia solare di cinque volte; la riqualificazione in termini energetici del 20% degli edifici residenziali realizzati da oltre 40 anni; la riduzione del 7% delle emissioni di gas a effetto serra associate al consumo di energia di edifici e attrezzature pubblici.

Relativamente alle misure di adattamento, l'obiettivo principale identificato dal Piano è quello di aumentare lo spazio verde urbano di 1,6 km^2, ossia 1 m^2 per ogni residente. Il raggiungimento dell'ambizioso obiettivo si basa principalmente sulle seguenti soluzioni: raggiungere 34.100 m^2 di tetti e facciate verdi; installare 100 tetti o facciate verdi produttivi e rappresentativi su edifici pubblici; aumentare la copertura arborea del 5%.

Processi attuativi

Il Consiglio Comunale di Barcellona ha istituito uno specifico dipartimento dedicato ai piani di resilienza per guidare e coordinare i progetti. Nel 2009 ha creato delle commissioni per le infrastrutture e i servizi urbani (TISU - *Tablas de Infraestructura y Servicios Urbanos*) con la collaborazione di tutte le istituzioni coinvolte, organizzate in gruppi di lavoro settoriali al fine di ridurre le eventuali

sand and to protect the seafront. Under the Barcelona Beach Stabilisation Plan in 2009 and 2010 dykes have been built and over 700,000 m³ of sand was brought in. In future scenarios, it is expected that there will be more flooding, morphological changes in the beaches and a greater exposure of port infrastructures. The Climate Plan therefore provides specific actions to maintain and make the most of the environmental services offered by the sea and the coastline to combat climate change: naturalise the Barcelona coast, promote sustainable use of the sea by fostering environmentally friendly marine activities; increase marine biodiversity by installing artificial reefs; reduce discharges into the receiving environment during periods of heavy rain and ensure that any water discharged into the natural environment is of sufficient quality; foster the protection and expansion of the current marine carbon sinks.

Adaptive and mitigating solutions

Mitigation strategy aims to reduce levels of CO_2 equivalent emissions by 45% per capita compared to those for 2005 mainly by means of the following measures: reduce travel by private motor vehicle by 20%; 100% procurement of low carbon pub-

lic transport buses, taxis and municipal fleets; increase solar power generation fivefold; renovate, in energy terms, 20% of residential buildings that are over 40 years old; reduce the 7% of GHG emissions associated with the energy consumption of municipal buildings and facilities.

Relating to adaptation measures, the main objective identified by the Plan is to increase the urban green space by 1.6 km², which means, 1 m² for each current resident. The accomplishment of the ambitious target mainly relies on the following solutions: reach 34,100 m² of green roofs, walls and facades; install 100 emblematic productive roofs or facades on municipal public buildings; increase tree cover by 5%.

Implementation processes

Barcelona City Council has set up a Resilience Department to lead and coordinate projects. In 2009 it also created Infrastructure and Urban Services Boards (TISU - Tablas de Infraestructura y Servicios Urbanos) with the collaboration of all parties involved, organised into sector-based work groups in order to reduce any vulnerabilities identified. A Situation Room was also set up as an information management platform, made up of the different agents involved, to jointly analyse data which had not been correlated previously, as well as to contribute new knowledge to improve any decisions taken.

Since the approval of the Climate Plan, work has begun on implementing some of the specific measures, which will be monitored. The aim is to continue promoting the measures that have been effective and to correct and plan for the continuation of others that have not worked. To assess the progress, it is implemented a continuous monitoring of the strategic objectives, regarding energy consumption as well as GHG emissions, ecomobility, energy generated from renewable sources, water consumption. At the same time, a monitoring of the indicators identified in each line of action, both in terms of context and impact and implementation of the measures, is carried out.

vulnerabilità identificate. È stata inoltre creata una *Situation Room* come piattaforma di gestione delle informazioni, composta dai diversi responsabili coinvolti, per analizzare congiuntamente i dati che non erano stati precedentemente valutati in modo integrato, nonché per sviluppare nuove proposte e implementare le decisioni prese.

Dall'approvazione del Piano per il Clima sono iniziati i lavori per attuare alcune delle misure specifiche che saranno sottoposte ad azioni di monitoraggio costanti. L'obiettivo è continuare a promuovere le misure realmente efficaci, correggendo e pianificando l'implementazione di altre che non hanno funzionato. Per valutare i progressi, è attivato un monitoraggio continuo degli obiettivi strategici, riguardanti il consumo di energia, le emissioni di gas serra, l'*ecomobility*, l'energia generata da fonti rinnovabili, il consumo di risorse idriche. Allo stesso tempo, viene effettuato un monitoraggio degli indicatori identificati in ciascuna linea d'azione, sia in termini di contesto che di impatto e attuazione delle misure.

	2015 - 2016	**2017 - 2019**	**2020 - 2030**
Azione 1.1 - Creazione di spazi verdi	74.602,24	138.710	833.238
Azione 1.2 - *Greening* degli isolati urbani	11.816,41	38.237,11	8.800
Azione 1.3 - *Greening* temporaneo di lotti liberi	15.946	16.754,16	30.800
Azione 1.4 - Interventi sulle strade	32.760,46	106.060,46	304.700*
Azione 1.5 - Tetti verdi	-	5.431	22.000
Azione 1.6 - *Greening* di facciate e balconi	606,3	3.232	12.100
Totale	135.731,41 m² (13,57 ha)	308.424,73 m² (30,84 ha)	1.211.638 m² (121,16 ha)
Totale aggregato delle nuove aree verdi	13,57 ha	44,41 ha	165,57 ha
* 100.836 m² corrisponde all'obiettivo di aumentare del 5% la copertura arborea prevista dal *Pla director de l'arbrat 2017-2037* e 203,864 m² all'incremento del verde negli spazi pubblici.			

Tab. 1 - L'incremento degli spazi destinati all'infrastruttura verde / *Green infrastructure increasing* (Source: Mesura de govern: programa d'impuls de la infraestructura verda urbana. Increment i millora del verd, 2017).

References

Ajuntament de Barcelona (2013), "Barcelona, a city committed to the environment", available at: https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/83511/1/informe_ambiental_BCN_2013_ENG_resum.pdf (accessed 20 January 2020).

Ajuntament de Barcelona (2016), "Barcelona: Building a resilient city", available at: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/ModelResilienciaBarcelona.pdf (accessed 26 January 2020).

Ajuntament de Barcelona (2018), "Barcelona Climate Plan 2018-2030", available at: https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/climate_plan_maig.pdf (accessed 15 January 2020).

Ocampo-Martinez, C., Bemporad, A., Ingimundarson, A. & Cayuela, V.,P. (2007), "On Hybrid Model Predictive Control of Sewer Networks", in Sánchez Peña, R. S., Cayuela, V. P. & Casín, J.Q. (eds), *Identification and Control*. Springer, London, pp. 87-114.

La scelta green di Amburgo: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011”
The Hamburg Green Option: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011”

Federica Dell’Acqua, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Time of realization	2011
Location	Hamburg, Germany
Climate zone	Dfb
Hazard	Floodings
Intervention scale	Town
Level of governance	City Council

Il Piano di protezione Climatica *das Hamburger Klimaschutzkonzept*, strumento di programmazione di azioni di adattamento e mitigazione climatica, è stato elaborato nel 2011 dall’amministrazione della città di Amburgo. Lo strumento, per il quale sono stati stanziati in due fasi 70 e 30 milioni di euro rispettivamente nel 2007 e nel 2010, affronta in particolare le tematiche legate alla mitigazione e alla necessità di ridurre le emissioni di CO_2, e individua una serie di azioni adattive e mitigative degli impatti climatici. La città, frequentemente esposta al rischio di inondazione in corrispondenza dei margini fluviali del fiume Elba da cui è attraversata, è attualmente abitata da circa 1,8 milioni di persone con una densità di 2.400 ab/kmq e si appresta ad affrontare un incremento demografico stimato intorno a + 1,9 milioni di abitanti entro il 2025[1]. Ciò significa un aggravarsi delle condizioni di beni esposti al rischio flooding e una rinnovata richiesta di alloggi. Allo stesso tempo le importanti operazioni di rigenerazione di alcuni distretti marginali, per anni interessati da fenomeni di spopolamento e abbandono, rendono la città attrattiva e in espansione[2]. Ai nuovi scenari demografici e residenziali si associano quelli climatici al 2100, che mettono in evidenza le criticità attese nei prossimi decenni: un aumento delle temperature medie da 2,8 a 4,7 ° C, con un incremento della piovosità del + 40%, con il relativo rischio di aumento del livello delle acque del fiume Elba, sui cui canali si attesta la città (Hamburger Klimaschutzkonzept, 2011). Il sovrapporsi di fenomeni demografici, intesi sia in termini numerici che di caratterizzazione sociale della tipologia di abitanti, con le operazioni rigenerazione urbana per il rilancio di estese aree della città, indirizzano la pubblica amministrazione ad adottare forme di crescita urbana che includono

1 Tale stima è supportata dai dati relativi all’aumento del numero di immigrati e rifugiati che dal 2011 al 2015 è passato da 1.000 a 22.000.

2 In particolare le ingenti operazioni di rigenerazione urbana a Wilhelmsburg-Veddel, area compresa tra i rami nord e sud dell’Elba, e della Spicherstadt, porto storico della città, sono l’esito dei programmi di rigenerazione urbana varati dalla pubblica amministrazione dal 2007 ad oggi con il progetto di Hafencity e della filarmonica *Elbphilharmonie*.

The Hamburger Climate Protection Plan, “das Hamburger Klimaschutzkonzept”, a planning tool for climate adaptation and mitigation actions, was developed in 2011 by the Hamburg city administration. The tool, for which EUR 70 million and EUR 30 million were allocated in two phases in 2007 and 2010 respectively, addresses climate mitigation and CO_2 emission reduction, and identifies some climate adaptation and mitigation actions. The city, which is frequently exposed to the risk of flooding at the banks of the river Elbe, is currently inhabited by 1.8 million people with a density of 2,400 inhabitants/km2 and is preparing to face a population increase estimated at + 1.9 million inhabitants by 2025[1]. It means a worsening of the conditions of assets exposed to flooding risk and new demand for housing. At the same time, some important regeneration operations of some marginal districts, for years affected by depopulation and abandonment, make the city attractive and expanding[2]. The new demographic and residential scenarios are combined with the climate scenarios of 2100, which highlight the critical issues expected in the coming decades. It means increase in average temperatures from 2.8 to 4.7 ° C, with more rainfall of + 40%, with the relative risk of increasing the water level

1 The estimate is supported by data on the increase in the number of immigrants and refugees from 2011 to 2015 from 1,000 to 22,000.

2 Huge urban regeneration operations in Wilhelmsburg-Veddel, an area between the north and south branches of the Elbe and Spicherstadt, the city’s historic port, are the result of the urban regeneration programmes launched by the public administration since 2007 with the Hafencity project and the Elbphilharmonie.

of the Elbe River, on whose canals the city stands (Hamburger Klimaschutzkonzept, 2011). Due to the overlap of demographic phenomena, as numbers and social characterization, with urban regeneration operations for the revitalization of large areas of the city, the public administration adopts forms of urban growth that include the principles of adaptive urban design and climate - oriented design of buildings and open spaces, for the construction from scratch and for the redevelopment of the built heritage. The need for residential volumes is estimated at 1 million housing units at the end of 2020, satisfied with a trend of 10,000 apartments approved and under construction per year, of which 3,000 at an agreed price for low-income users.

The cultural context in which these phenomena take place consists of the transition process from sustainability to resilience policies, promoted by the Hamburg public administration since 1997[3]. In 2009 the RISA Project "Rain Infrastructure Adaption" was launched, focusing on sustainable rainwater management. "SWITCH" and "RISA" are the operational tools through which the administration applies the strategic content of the adaptation plan. Within the framework of these technical policies the administration, using the tools and resources of the IBA Hamburg International Building Exhibition, is developing a programme of regeneration measures for the central and marginal tissues of the city aimed at the transition to climate resilience.

Goals

The climate protection instrument adopted in Hamburg identifies the following mitigation and adaptive objectives:

- *Reduction of climate-altering gas emissions by 40% by 2020, i.e. approximately 8 million tonnes;*
- *reduction of climate change gas emissions by 840% by 2050, i.e. approximately 12 million tonnes;*

3 Since the adoption of Local Agenda 21 in 1997, the "HLN - Hamburg Learn Sustainability" initiative has been launched, bringing together authorities, institutions, organisations and stakeholders involved in education for sustainable development. In 2006 Hamburg became the lead partner of the EUCO2 80/50 project, promoted by Metrex, the network of European metropolitan regions and areas, and the following year the first proposal for a climate action plan "Hamburger Klimaschutzkonzept" was drawn up with the opening of the Metrex Hamburg Conference on Climate Change. In 2008, Hamburg joined the Covenant of Mayors and supported the project "SWITCH - Managing Water for the City of the Future". In 2011, Hamburg was elected "European Green Capital".

i principi dell'*adaptive urban design* e della progettazione *climate - oriented* di edifici e spazi aperti, sia per l'edificazione ex-novo che per la riqualificazione del patrimonio costruito. Il fabbisogno di volumi residenziali è stimato su 1 milione di alloggi al termine del 2020, soddisfatto con un andamento di 10.000 appartamenti approvati e in costruzione all'anno, dei quali 3.000 a un prezzo convenzionato per le fasce di utenti a basso reddito.

Il contesto culturale nel quale si collocano tali fenomeni consiste nel processo di transizione dalle politiche di sostenibilità a quelle di resilienza, promosso dalla pubblica amministrazione amburghese a partire dal 1997[3].

Nel 2009 viene varato il RISA Project "Rain Infrastructure Adaption" incentrato sulla gestione sostenibile delle acque piovane. "SWITCH" e "RISA" rappresentano gli strumenti operativi attraverso i quali l'amministrazione applica i contenuti strategici del piano di adattamento.

È all'interno di tali politiche tecniche che l'amministrazione, attraverso gli strumenti e i mezzi dell'IBA Hamburg - *International Building Exhibition* mette a punto un programma di interventi di rigenerazione dei tessuti centrali e marginali della città indirizzati alla transizione verso la resilienza climatica.

Parole chiave

Il caso studio in esame afferisce ai termini *Adaptation, rigenerazione urbana, eco-district e green infrastructure.* La necessità di lavorare sul waterfront fluviale con operazioni di modificazione delle quote degli spazi aperti prospicienti i margini del fiume rimandano al concetto di adattamento climatico inteso nella sua declinazione *"hard engineering"*, rappresentata da interventi massivi e "robusti" di modificazione morfologica dei profili stradali e degli argini fluviali, con adeguati adattamenti dei piani terra degli edifici e delle relazioni di questi ultimi con il suolo. Gli importanti interventi di riqualificazione di alcuni distretti, quali ad esempio Wilhelmsburg-Veddel, ex scalo commerciale, sono collocati in prossimità di aree già fortemente infrastrutturate, con un potenziale attrattivo che avvalora e sostiene le strategie di rigenerazione urbana sia dal punto di vista funzionale che economico. L'approccio degli interventi, puntuali ma diffusi all'interno dei distretti e portatori dei principi della progettazione *climate-oriented*, è basato sulla logica della transizione verso l'eco-distretto. La valorizzazione del capitale naturale attraverso la raggiera di assi verdi che definisce il sistema di *green belt*, parchi e corridoi ecologici della città si basa sul ricorso alla *green infrastracture* come sistema complesso di soluzioni di *greening* urbano diffuse nella città.

3 Dall'adozione dell'Agenda 21 Locale nel 1997, parte l'iniziativa "HLN- Amburgo impara la Sostenibilità" che unisce autorità, istituzioni, organizzazioni e soggetti impegnati nell'educazione allo sviluppo sostenibile. Nel 2006 Amburgo diventa capofila del progetto EUCO2 80/50, promosso da Metrex, rete delle regioni ed aree metropolitane europee e l'anno successivo viene elaborata la prima proposta di piano d'azione per il clima "Hamburger Klimaschutzkonzept" con l'apertura della Metrex Hamburg Conference on Climate Change. Nel 2008 Amburgo aderisce al Patto dei Sindaci e sostiene il progetto "SWITCH - Managing Water for the City of the Future". Nel 2011 Amburgo viene eletta "Capitale Verde Europea".

Obiettivi

Lo strumento di protezione climatica adottato da Amburgo individua i seguenti obiettivi, di tipo mitigativo e adattivo: riduzione delle emissioni di gas climalteranti del 40% entro il 2020, pari a circa 8 milioni di tonnellate; riduzione delle emissioni di gas climalteranti del 840% entro il 2050, pari a circa 12 milioni di tonnellate; incremento del trasporto pubblico con espansione dei sistemi di viabilità ciclopedonale; incremento dei veicoli ad alimentazione elettrica pari a 1 milione entro il 2020; incremento delle misure di protezione dagli effetti di *river flooding* e dai danni legati alle precipitazioni intense.

Strategie e azioni di adattamento

Agli obiettivi del piano corrisponde una successione di strategie e azioni, distinguibili in quelle relative alla mitigazione e quelle relative all'adattamento climatico.

Rispetto ai primi il piano prevede l'istituzione di *cluster* energetici con lo scopo di far interagire competenze del campo della ricerca e della innovazione tecnologica della produzione energetica da fonti rinnovabili; l'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili; la realizzazione di nuove reti energetiche; l'efficientamento energetico dello *stock* edilizio residenziale; la riduzione del consumo di energia per il riscaldamento e dei fabbisogni di acqua calda sanitaria; l'attuazione di un programma di *smart mobility* entro il 2034 attraverso l'aumento del numero di veicoli elettrici, l'implementazione e l'aumento della sicurezza dei sistemi ciclopedonali; la valutazione dell'efficacia delle azioni attraverso il monitoraggio delle emissioni di CO_2.

Relativamente alle strategie di adattamento climatico si prevede: strategie e azioni di tipo *hard engineering* di protezione degli argini fluviali con sistemi di barriere, dighe e isole artificiali; strategie e azioni di tipo *soft* basate la valorizzazione del capitale naturale attraverso l'implementazione della *GrünesNetzt Hamburg Programme*- Rete Verde di Amburgo, che articola una fitta rete di *green infrastructure* sul territorio con il duplice obiettivo di implementare la mobilità sostenibile e trarne i relativi benefici in termini protezione climatica; azioni di tipo immateriale per la gestione proattiva del rischio: istruzione, sensibilizzazione e informazione della popolazione - cittadini e istituzioni - esposta al rischio; la messa a punto di un piano di gestione dell'emergenza con riferimento al rischio inondazione.

A monte vengono poste due macro-strategie principali, che definiscono l'applicazione e la distribuzione delle azioni sul territorio urbano. L'Holistic Development Approach e l'approccio distrettuale, che permettono una distribuzione puntuale ma diffusa degli interventi adattivi e rigenerativi su aree urbane relativamente ampie, in media di 40 ha di estensione con un orizzonte temporale medio di 5-6 anni, per ridurre il rischio di fallimento.

L'*Holistic Development Approach* rappresenta il *framework* politico e metodologico entro il quale la pubblica amministrazione, attraverso le azioni dell'Istituzione dell'IBA Hamburg (*Internationale Bauaustellung Hamburg*), colloca le previsioni del piano e rende possibile l'applicazione delle strategie. Esso consiste in un approccio *design-based* all'interno del quale le strategie individuate dal piano di protezione climatica vengono applicate in maniera sperimentale e multiscalare in specifici distretti. Tali progetti contengono innovazioni di processo (nella gestione delle fasi, nei meccanismi di coinvolgimento degli *stakeholder* e nei si-

- *increase in public transport with expansion of cycle and pedestrian traffic systems;*
- *increase in electrically powered vehicles by 1 million by 2020;*
- *an increase in protection measures against the effects of river flooding and damage caused by heavy rainfall.*

Keywords

This case study relates to the terms Adaptation, urban regeneration, eco-district and green infrastructure. The need to work on the river waterfront with operations to modify the heights of the open spaces overlooking the edges of the river refers to the concept of adaptation in its declination "hard engineering", represented by massive and "robust" interventions of morphological modification of road profiles and river banks, with appropriate adaptations of the ground floors of buildings and their relationships with the ground.

The important redevelopment interventions of some districts, such as Wilhelmsburg-Veddel, former commercial port of call, for example, are located near areas already heavily infrastructuralized, with a potential attractiveness that enhances and supports urban regeneration strategies both from a functional and economic point of view.

The approach of the interventions, punctual but widespread within the districts and bearing the principles of climate-oriented design, is based on the logic of the transition to the eco-district. The valorization of the natural capital through the radius of green axes defining the system of green belts, parks and ecological corridors of the city is based on the use of green infrastracture as a complex system of urban greening solutions widespread in the city.

Adaptation strategies and actions

The objectives of the plan correspond to a succession of strategies and actions, which can be distinguished in relation to mitigation and climate adaptation.

Compared to the first ones, the plan provides for: the establishment of energy clusters with the aim of bringing together expertise in the field of research and technological innovation in the field of energy production from renewable sources; the increase of energy production from renewable sources; the creation of new energy networks; the energy efficiency of residential building stock; the reduction of energy consumption for heating and domestic hot water needs; the implementation of a smart mobility programme by 2034 by increasing the number of electric vehicles, implementing and increasing the safety of pedestrian and cycle systems; the evaluation of the effectiveness of the actions through the monitoring of CO_2 emissions. The following climate adaptation stra-

tegies are expected: hard engineering strategies and actions to protect river banks with barrier systems, dams and artificial islands; strategies and actions based on the valorisation of natural capital through the implementation of the Hamburg Green Network GrünesNetzt Hamburg Programme, which articulates a dense network of green infrastructure on the territory with the dual objective of implementing sustainable mobility and reaping its benefits in terms of climate protection; intangible actions for proactive risk management: education, awareness raising and information of the population citizens and institutions - exposed to risk; the development of an emergency management plan with regard to flood risk.

The Holistic Development Approach and the District Approach, allow a punctual but widespread distribution of adaptive and regenerative interventions on relatively large urban areas, on average 40 ha of extension with an average time horizon of 5-6 years, to reduce the risk of failure.

The Holistic Development Approach represents the political and methodological framework within which the public administration, through the actions of the IBA Hamburg (Internationale Bauaustellung Hamburg), places the forecasts of the plan and makes it possible to apply the strategies. It consists of a design-based approach within which the strategies identified in the climate protection plan are applied in an experimental and multiscale manner in specific districts.

These projects contain process innovations (in phase management, stakeholder involvement mechanisms and financing systems) and product innovations (in the experimental application of innovative products). The approach is defined as holistic for the system of socio-economic components, climate adaptation and mitigation actions, urban expansion opportunities and elements related to the ecosystem approach to design. The principles on which the Holistic Development Approach applied to the district is based are: upgrading without replacing: regeneration of marginal areas, which tend to be already infrastructural, aimed at introducing new services and quality (upgrading), while maintaining the original character - commercial, residential or industrial - of the area. interlinking topics: implementation of climate adaptation and mitigation topics and communication and marketing strategies of the project process designed to involve public administration, investors and citizens during the project phases; functional mix: qualification of each district as a multi-character and multi-objective entity, capable of hosting several different but equal functions

Climate adaptive and mitigative solutions

The Hamburg Climate Protection Plan only summarises the stemi di finanziamento) e di prodotto (nell'applicazione sperimentali di prodotti innovativi). L'approccio si definisce olistico per la messa a sistema di componenti socio-economiche, azioni di adattamento e mitigazione climatica, opportunità di espansione urbana ed elementi riconducibili all'approccio ecosistemico alla progettazione. I principi sui quali si articola l'*Holistic Development Approach* applicato al distretto sono:

- *upgrading without replacing*: rigenerazione di aree marginali, tendenzialmente già infrastrutturate, tesa all'inserimento di nuovi servizi e qualità (*upgrading*), mantenendo al tempo stesso il carattere - commerciale, residenziale o industriale - originario dell'area.
- *interlinking topics*: messa a sistema in fase progettuale di topic di adattamento e mitigazione climatica e di strategie di comunicazione e marketing del processo progettuale concepito per coinvolgere pubblica amministrazione, investitori e cittadini durante le fasi del progetto;
- mix funzionale: qualificazione di ciascun distretto come entità multi-carattere e multi-obiettivo, in grado di ospitare più funzioni diverse ma tra loro paritarie

Soluzioni di adattamento e mitigazione climatica

Il Piano di protezione climatica di Amburgo espone in maniera solo sintetica le soluzioni progettuali di adattamento e mitigazione climatica corrispondenti alle strategie e alle azioni sopra riportate, facendo riferimento a:

- sistemi per la produzione di energia da fonte rinnovabile (geotermico ed eoli-

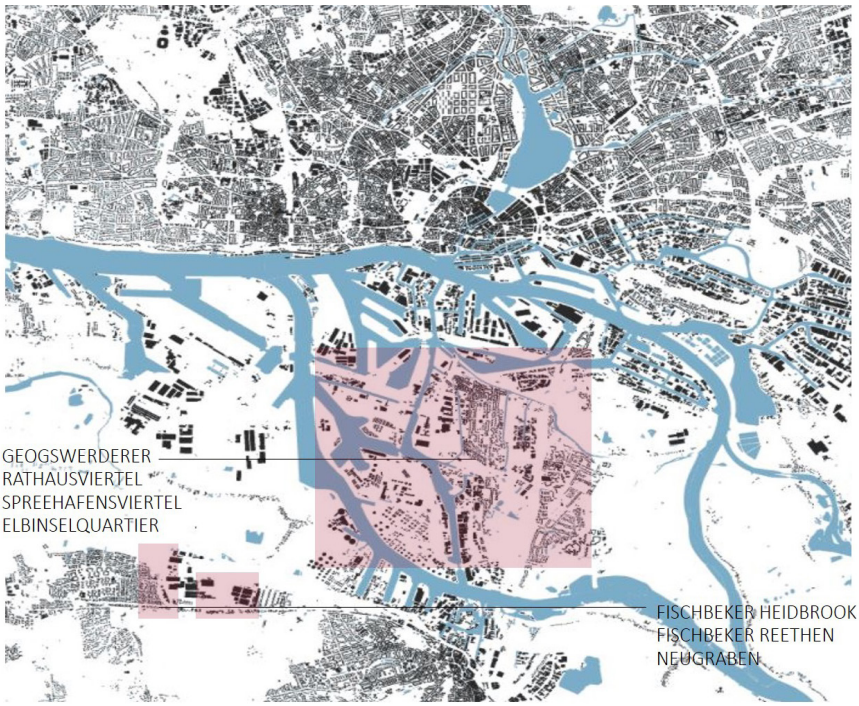


Fig.1 - Amburgo, area di Wilhelmsburg. Eco distretti IBA Hamburg / *Amburgo, Wilhelmsburgarea. IBA Hamburg Ecodistrict* (Elaboration by Federica Dell'Acqua, 2018).

co) per l'autosufficienza energetica dei distretti e per l'applicazione nell'ambito dell'edilizia residenziale;
- sistemi di *smart grid* per la gestione della produzione e dei consumi energetici del distretto e per il relativo monitoraggio.

Tuttavia è possibile risalire alle soluzioni progettuali attraverso l'osservazione e l'analisi dei progetti realizzati dall'IBA *Hamburg* ed esaminando il programma per la Rete Verde di Amburgo nel quadro dell'*Holistic Development Approach*. Qui l'applicazione delle strategie di adattamento e in particolare di mitigazione climatica si traduce nel rapporto tra costruito e quota di aree verdi in dotazione ai distretti sottoposti ad operazioni di rigenerazione urbana in base ai programmi dell'IBA (Tab. 1).

In relazione al rischio flooding e agli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas climalteranti, i progetti dell'IBA Hamburg si basano sul ricorso a sistemi tecnologici sperimentali di tipo *hard*, *soft- engineering* e ibridi applicati su edifici residenziali sperimentali e relativi spazi aperti quali:
- sistemi di canalizzazione artificiale e bacini per la gestione delle esondazioni da precipitazione intensa, in alcuni casi integrati nel sistema di parchi di quartiere
- prototipazione di pannelli di involucro (pannelli con isolante in PCM – *Phase Change Material* in stato fisico intermedio tra solido e liquido in grado di mantenere la temperatura *indoor* costante, e pannelli contenenti una miscela di alghe, acqua, ossigeno e anidride carbonica impiegata nella produzione di biomassa e successiva conversione in biogas)
- *green* e *living wall* come sistemi di schermatura.

Data la natura strategica del piano di protezione climatica, non è possibile individuare delle specifiche soluzioni di greening riconducibili agli obiettivi di mitigazione e adattamento.

Le azioni di tipo *soft* di valorizzazione del capitale naturale attraverso l'implementazione della *GrünesNetzt Hamburg Programme*-, integrate alla mobilità sostenibile in risposta agli obiettivi di riduzione dei gas climalteranti, si traducono in termini operativi nell'implementazione di una rete verde che attraversa il territorio comunale erogando allo stesso tempo servizi di tipo ricreativo e culturale.

Il Programma della Rete Verde di Amburgo è basato sul Piano del Verde del 1919 di Fritz Schumacher e Gustav Oelsner che prevedeva una espansione della città lungo un sistema di assi verdi disposti in maniera radiale a partire dal centro antico della città connessi da due anelli verdi concentrici. Secondo la visione del 1919 il sistema di assi e anelli avrebbe rafforzato i collegamenti tra urbano e periurbano e migliorato l'attraversamento della città in direzione longitudinale e trasversale.

DISTRETTI IBA HAMBURG

	Elbinselquartier	Rathausviertel	Georgswerderer	Neugraben-Fischbek/Fischbecker-Heidbrook	Neugraben-Fischbek/Fischbecker-Reethen
Area	47	32	11,6	54	70
[ha]	2.100	1.300	180	1.200	2.200
Housing	5,5	2,3	2,3	1,7	8,7

Tab. 1 - Distretti IBA. Prospetto riassuntivo del rapporto tra aree verdi e costruito / *IBA Districts. Summary of the relationship between green and built areas (Source: Dell'Acqua, 2018).*

project solutions for climate adaptation and mitigation corresponding to the above-mentioned strategies and actions:
- *systems for the production of energy from renewable sources (geothermal and wind power) for the energy self-sufficiency of districts and for application in residential construction;*
- *smart grid systems for the management of the district's energy production and consumption and for the related monitoring.*

However, it is possible to trace the project solutions through the observation and analysis of the projects carried out by IBA Hamburg and by examining the Hamburg Green Grid Programme in the framework of the Holistic Development Approach. Here the application of adaptation strategies and in particular climate mitigation strategies translates into the ratio between built and share of green areas in the districts undergoing urban regeneration operations according to the IBA programmes (tab. 1).

About flooding risk and GHG reduction targets, IBA Hamburg's projects are based on the use of hard-, soft- and hybrid experimental technological systems applied on experimental residential buildings and related open spaces such as:
- *Artificial sewerage systems and reservoirs for the management of heavy precipitation floods, in some cases integrated in the system of neighbourhood parks. Prototyping of casing panels (panels with PCM insulation - Phase Change Material in an intermediate physical state between solid and liquid able to maintain a constant indoor temperature, and panels containing a mixture of algae, water, oxygen and carbon dioxide used in the production of biomass and subsequent conversion into biogas) green and living wall as shielding systems. Due to the strategic nature of the climate protection plan, it is not possible to identify specific greening solutions that can be linked to the mitigation and adaptation objectives. The soft strategies and actions for the valorisation of natural capital through the implementation of the GrünesNetzt Hamburg Programme - integrated with sustainable mobility in response to the objectives of reducing climate-altering gases - are translated in operational terms into the implementation of a green network that crosses the municipal territory while at the same time providing recreational and cultural services.*

The Hamburg Green Network Programme is based on the 1919 Green Plan by Fritz Schumacher and Gustav Oelsner, which foresaw an expansion of the city along a system of green axes arranged radially from the old city centre connected by two concentric green rings. According to the 1919 vision, the system of axes and rings would strengthen the connections between urban and peri-urban and improve the crossing of the

city in longitudinal and transverse direction.

To date, the Programme, which has preserved the imprint of the Schumacher - Oelsner plan, articulates the green infrastructure system on three levels - urban, district and sub-district (Tab.2) and in a manner consistent with a historically rooted model of urban expansion, supports today's contextual needs for urban growth and climate protection.

The GHGs reduction as a long-term measure to cope with rising global average temperatures and the integration within the green network of "blue network" of channels, including some artificial ones, equipped with barriers to protect against flooding risk and reservoirs for overflow water management integrated in parks, establishes a relationship between the mitigating role of greening solutions and their effectiveness in terms of climate adaptation.

The network of parks and green areas and the connections between them established within the Hamburg Green Network represent in meta-design terms the level of adaptation and mitigation solutions proposed by climate protection policies.

The case study has some limits of transferability to other contexts because the adaptation and mitigation strategies are

Ad oggi il Programma, che ha conservato l'impronta del piano Schumacher - Oelsner, articola il sistema della *green infrastructure* in tre livelli - urbano, distrettuale e sub-distrettuale (Tab.2) - e in maniera coerente con un modello di espansione urbana storicamente radicato, supporta le odierne esigenze di crescita urbana e di protezione climatica.

La riduzione dei gas climalteranti come misura di lungo termine di contrasto dell'innalzamento delle temperature medie globali e l'integrazione all'interno della rete verde della "rete blu" di canali, tra cui alcuni artificiali, dotati di barriere per la protezione dal rischio *flooding* e di bacini per la gestione delle acque di *overflow* integrati nei parchi, stabilisce una relazione tra il ruolo mitigativo delle soluzioni di *greening* e l'efficacia delle stesse in termini di adattamento climatico. La rete di parchi e aree verdi e le connessioni tra essi stabilite all'interno del *GrünesNetzt Hamburg Programme* - Rete Verde di Amburgo rappresentano seppur in termini metaprogettuali il livello delle soluzioni di adattamento e mitigazione proposte dalle politiche di protezione climatica.

Il caso studio presenta alcune criticità in termini di trasferibilità in altri contesti geografici legate al fatto che le strategie di adattamento e mitigazione sono basate su un importante capitale naturale diffuso sul territorio e storicamente parte della pianificazione della città.



Fig. 2 - Amburgo, parco di quartiere W / *Hamburg, Planten und Blomen district park* (Elaboration by Federica Dell'Acqua based on Google Maps, 2018).

	Urban	District	Sub-district
Parks [n]	8	30	-
Area [ha]	65 ÷ 150	8 ÷ 60	980

Tab.2 - Rete verde di Amburgo, dati al 2017/ Hamburg Green network, 2017.

based on a strong natural capital spread over the territory and historically part of the city planning.



Fig. 3 - Amburgo, Terrazza Marco Polo. Soluzione *hard engineering* di adattamento all'innalzamento dei livelli delle acque del fiume tramite sistema di terrazzamenti / *Hamburg, Marco Polo Terrace. Hard engineering solution for adaptation to rising river water levels through terracing system* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).



Fig. 4 - Amburgo, Hafencity. Soluzione hard engineering di adattamento all'innalzamento dei livelli delle acque del fiume tramite sistema di terrazzamenti / *Hamburg, Hafencity. Hard engineering solution for adaptation to rising river water levels through terracing system* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).

References

Reusswig, F., Becker, C., Lass, W., Haag, L., Hirschfeld, J., Knorr, A., Lüdeke, M.K.B., Neuhaus, A., Pankoke, C., Rupp, J., Walther, C., Walz, S., Weyer, G. & Wiesemann, E. (2016), *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK). Klimaschutz Teilkonzept Zusammenfassung*, Potsdam, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, (2016), *StadtEntwicklungsPlan Klima- KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2015), *Berlin Strategy. Urban Development Concept 2030*, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, (2011), S*tadtEntwicklungsPlan Klima. Urbane Lebensqualität in Klimawendel sichern*, Berlin.

Haid, C. (2013), "Contentious Informalities. The Narratives of Picnicking at Berlin's Thai Park", in *Dérive. Zeitschrift für Stadtforschung*, n. 51, pp. 43-48.

Approccio ecosistemico e soluzioni Nature-Based a Berlino: “StEP Klima 2016”
Ecosystem Approach and Nature-Based Solutions in Berlin: the"StEP Klima 2016"

Federica Dell’Acqua, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Time of realization	2016
Location	Berlin, Germany
Climate zone	Cfb
Hazard	Floodings, heatwaves, drought
Intervention scale	Town
Level of governance	Senate of Berlin

Nel 2016 la capitale tedesca ha elaborato il Piano di Adattamento climatico *StEP Klima 2016- Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET*, strumento di programmazione di azioni di protezione climatica inclusive delle emergenti istanze di espansione residenziale legate alla crescita demografica.

Il termine tedesco *Klimaschutz* (protezione climatica), *zu schutzen* (proteggere), nelle scelte politiche del governo tedesco allude all’elaborazione di piani e programmi basati sull’unione di misure di adattamento climatico per fronteggiare nell’immediato gli effetti del climate change e di mitigazione climatica tese alla riduzione degli impatti a lungo termine. Analogamente *Stadtentwicklungsplan Klima* è significativa di uno strumento di piano concepito per regolare le misure di adattamento climatico in una prospettiva politica e sociale di sviluppo urbano (*Stadtentwicklung).*

Nell’arco del triennio 2011- 2014 la capitale tedesca ha dovuto affrontare un incremento della popolazione pari a 175.000 abitanti (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2015). Insieme alle esigenze di incrementare rapidamente l’offerta di alloggi per un crescente numero di residenti, il governo locale ha preso atto dei preoccupanti scenari climatici nelle proiezioni al 2031 e al 2060 che prevedono un aumento delle temperature pari a 1,2 °C nel periodo autunnale - invernale, accompagnato dall’incremento delle precipitazioni primaverili e invernali del 3 ÷ 10%. Parimenti, gli scenari elaborati al 2071-2100 pronosticano l’aumento delle precipitazioni per un valore compreso tra il 7,5 e il 18% e l’innalzamento a 3,2 °C delle temperature medie (Reusswig et al., 2016).

La costruzione di circa 15.000 nuovi alloggi completati nel 2017 ha soddisfatto solo in parte la domanda di residenze. L’attrattività di alcuni quartieri, tra cui Prenzlauerberg, Kreuzberg, Neukölln e Friedrichshein, sollecita tale domanda e incoraggia ogni anno ridotti ma continui flussi di spostamento interni alla città anche da un distretto all’altro, richiedendo un aggiornamento continuo dell’offerta abitativa. Condizioni affittuarie vantaggiose, stili di vita dinamici, costo della vita accessibile e disponibilità di edifici e spazi vuoti hanno aumentato l’attrattività della città, incentivando i fenomeni migratori verso essa (Haid, 2013). Tali condizioni, in buona parte sotto forma di WG (*Wohngemeinschaft*, appartamenti in

In 2016, the German capital drew up the StEP Klima 2016- Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET Climate Adaptation Plan, a planning tool for climate protection including the emerging demands for residential expansion due to the demographic growth. The German term Klimaschutz (climate protection), from zu schutzen (to protect), in the German government’s political choices is referred to plans and programmes based on the coupling of climate adaptation measures to deal with the immediate effects of climate change and climate mitigation aimed at reducing long-term impacts.
Similarly, the term Stadtentwicklungsplan Klima is significant of a tool designed to regulate climate adaptation from a political and social urban development perspective (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2015).

During the period 2011-2014, the German capital had to face a population increase of 175,000 inhabitants (SenStadtUm 2016). Together with the need to increase the supply of housing for a growing number of residents, the local government has taken note of the worrying climate scenarios in projections to 2031 and 2060.

They predict an increase in temperatures of 1.2 °C in the autumn-winter, within an increase in spring and winter rainfall of 3 ÷ 10%. Similarly, the scenarios developed in 2071-2100 predict an increase in precipitation of between 7.5 and 18% and in average temperatures to 3.2 °C (Reusswig et al., 2016).

The construction of some 15,000 new housing units completed in 2017 only partially met the demand for housing. The attractiveness of some neighbourhoods, including Prenzlauerberg, Kreuzberg, Neukölln and Friedrichshein, stimulates the demand and encourages small but continuous flows of move-

ment within the city even from one district to another every year, requiring an updating of the housing supply.

Affordable rental conditions, dynamic lifestyles, lower life costs and the availability of buildings and empty spaces have increased the attractiveness of the city and encouraged migration to it (Haid, 2013).

These conditions, the most as WGs (Wohngemeinschaft, shared apartments) and short-term contracts, lead to a resident's turnover, but lower availability of long-term housing.

In Berlin, the evolution of urban policies in the direction of resilience began in 2001. At that time the public administration, based on studies of 1990s as Landscape Programme, began to apply ecosystem-based strategies to the transformations of some parts of the city. That leads in 2011 to the development of a package of "climate development" tools according to a sectoral model - such as residential development, industry and commerce, infrastructure and mobility - while the impacts of climate change are addressed according to a cross-cutting approach through adaptive strategies.

At first time, the 2001 Wastewater Disposal Plan and Climate Development Plans - Traffic, followed immediately by Industry and Commerce, was developed. In 2011 the Berlin Landscape Strategy was born and the following year the Biodiversity Strategy was launched. In 2014, the Feasibility Study Berlin Climate-neutral 2050 and the Residential Climate Development Plan 2025 were developed at the same time. In 2015 the Land Use Plan ***is*** *launched and the Berlin Urban Development Concept 2030 is elaborated. Finally, in 2016, the Landscape Programme for the Protection of Species was born.*

This evolution paves the way for the drafting of the StEP Klima and the ecosystemic and inclusive approach of nature-based solutions that characterize the adaptation plan.

The adaptation and mitigation measures contained in the StEP Klima relate to four fields of action: bioclimate, urban greening, water quality / heavy rainfall and climate protection, the latter including mitigation measures.

Keywords

This case relates to Vulnerability, Adaptation and Nature Based Solutions. The bioclimatic analysis of open spaces and cartographic outcome of the plan express an assessment approach to vulnerability based on climate adaptation strategies and actions prescribed by the tool.

Goals

The Berlin Climate Protection Plan identifies three main goals: to include elements of economic competitivity for the German capital; to raise life - quality levels for Berlin citizens;

condivisione) e con contratti a breve termine induce un continuo ricambio dei residenti, ma abbassando la disponibilità di alloggi a lungo periodo.

A Berlino l'evoluzione delle politiche urbane nella direzione della resilienza inizia nel 2001 quando, sulla base degli studi condotti negli anni '90 nell'ambito del *Landscape Programme* comincia ad applicare una serie di strategie *ecosystem based* alle trasformazioni di alcune parti di città. Tale percorso approda nel 2011 all'elaborazione di un pacchetto di strumenti di "sviluppo climatico" organizzati secondo un modello settoriale - quali sviluppo residenziale, industrie e commercio, infrastrutture e mobilità - mentre gli impatti dei cambiamenti climatici vengono affrontati secondo un approccio trasversale attraverso strategie adattive.

Inizialmente avviene l'elaborazione nel 2001 del Piano di Smaltimento delle Acque Reflue e dei Piani di Sviluppo Climatico - Traffico, immediatamente seguito da Industrie e Commercio. Nel 2011 nasce la Strategia Paesaggistica di Berlino e l'anno successivo viene varata la Strategia di Biodiversità. Nel 2014 vengono messi a punto contemporaneamente lo Studio di Fattibilità Berlino *Clima-neutral* 2050 e il Piano di Sviluppo Climatico Residenziale 2025. Nel 2015 viene varato il Piano di Uso del Suolo ed elaborato il *Concept* di Sviluppo Urbano Berlino 2030. Infine nel 2016 viene elaborato il Programma Paesaggistico di Protezione delle Specie. Tale evoluzione prepara la strada alla stesura dello *StEP Klima* e all'approccio ecosistemico e inclusivo di soluzioni *Nature-Based* che caratterizzano il piano di adattamento.

Le misure di adattamento e mitigazione contenute nello *StEP Klima* afferiscono a quattro campi d'azione: bioclima, *greening* urbano, qualità dell'acqua / precipitazioni intense e protezione climatica, quest'ultima inclusiva delle misure di mitigazione.

Parole chiave

Il caso in esame afferisce ai termini *Vulnerability, Adaptation* e *Nature Based So-*

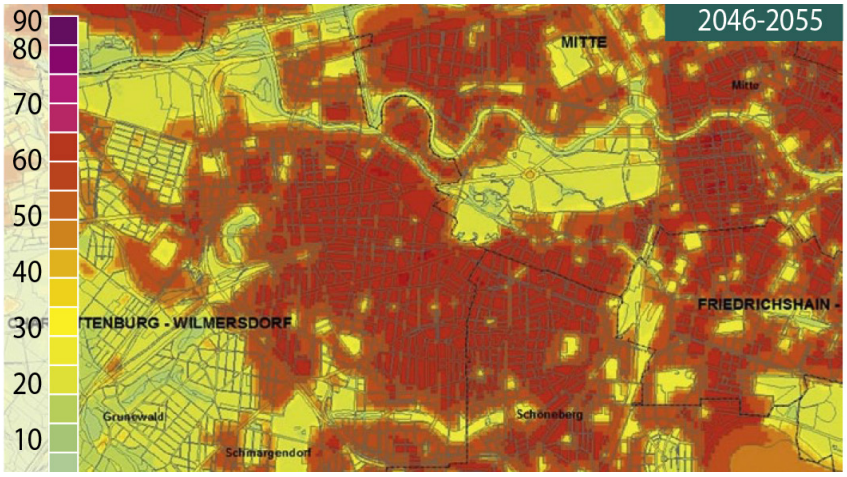


Fig. 1 - Incremento delle giornate di caldo estivo simulato nel centro di Berlino al 2046-2055 / *Simulated increase of extreme heat days in central Berlin at 2046-2055* (Source: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung/ GEO-Net Umweltconsulting, 2011).

lutions. L'analisi bioclimatica degli spazi aperti e la relativa restituzione cartografica contenute nel piano esprimono un approccio valutativo alla vulnerabilità sulla base delle strategie e delle azioni di adattamento climatico prescritte dallo strumento. La forte componente adattiva delle strategie contenute nello StEP Klima riconduce al termine *Adaptation* e la marcata presenza di soluzioni inclusive di processi ed elementi ispirati ai meccanismi di funzionamento della natura rappresentano l'alto grado di ricezione, da parte del piano, della componente nature-based, applicata alla scala edilizia e degli spazi aperti.

Obiettivi

Lo strumento di adattamento climatico dell'amministrazione berlinese individua tre obiettivi principali:

- inserire elementi di competitività economica per la capitale tedesca;
- innalzare il livello della qualità della vita per i cittadini berlinesi,
- soddisfare le richieste di espansione residenziale.

Strategie e azioni di adattamento climatico

Il piano StEP Klima individua una serie di strategie di adattamento relazionate a tre hazard principali, quali *pluvial flooding*, ondata di calore e siccità, insieme ad altre legate alle esigenze di sviluppo urbano. Esse si basano su tre macro-gruppi principali:

- *sponge-strategy* di contrasto al *flloding risk*, inquadrata nell'ambito delle politiche di politiche di *water-sensitive urban development*, per la quale le superfici urbane sono deputate all'infiltrazione, ritenzione e archiviazione delle acque meteoriche e alla successiva restituzione per evapotraspirazione;
- strategie di contrasto all'ondata di calore e alla siccità, tra loro correlate, basate su una mappatura biolimatica, al 2005 e al 2050, delle aree colpite dall'aumento diurno e notturno delle temperature e di valorizzazione e ottimizzazione del capitale naturale ai fini non solo dell'adattamento ma anche della mitigazione;
- strategie di densificazione e ri-compattazione dei tessuti urbani basate sui principi di *compact city* e *city of short distances* (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2016).

Tali strategie definiscono un approccio ambientale al progetto urbano. In esso la mitigazione degli impatti si incrocia con la gestione razionale delle risorse, con particolare riferimento a quelle idriche (Losasso, 2017). Queste strategie hanno ricadute sulle misure di contrasto dell'*heat wave*, in quanto potenzialmente in grado di aggravare le condizioni di stress termico cui sono sottoposti edifici e spazi aperto. Ciò implica un ampio ricorso a soluzioni *Nature-Based* con finalità contemporaneamente adattive e mitigative, sviluppate con il contributo del BEK 2030 (B*erlin Energy and Climate Protection Programme*) dal *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt e dal Senate Department for the Environment, Transport and Climate Protection*.

Le strategie e le azioni indicate nel piano per fronteggiare le ondate di calore possono essere raggruppate in due categorie principali, la prima relativa a interventi sulla morfologia dei tessuti urbani e sugli aspetti tecnologici degli edifici e la seconda all'inserimento del verde in punti strategici degli isolati.

Le strategie principali consistono nel: favorire la ventilazione, l'ombreggiamento, l'inverdimento e il *greening* urbano, l'evapotraspirazione e infine la rifrazione

to meet residential expansion and climate adaptation needs.

Climate adaptation strategies and actions

The StEP Klima plan identifies some adaptation strategies related to three main hazards, such as pluvial flooding, heat wave and drought, with others related to urban development needs. They are based on three main macro-groups:

- *sponge-strategy against flooding risk, within the framework of water-sensitive urban development policies, for which urban surfaces allow infiltration, retention and storage of rainwater and return by evapotranspiration;*
- *strategies against heatwaves and droughts, which are interrelated, based on a biolimatic mapping at 2005 and 2050, of the areas affected by day- and night-time increase in temperatures and to enhance and optimise the natural capital for adaptation and mitigation purposes;*
- *densification of the urban fabric based on compact city and city of short distances principles (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2016). These strategies define an environmental approach to urban design. In it the mitigation of impacts intersects with the rational management of resources, with particular reference to water resources (Losasso, 2017). These strategies, although have consequences on measures against heat wave, as they are potentially capable of increasing the thermal stress conditions for buildings and open spaces. It means a wide use of nature-based solutions with adaptive and mitigative purposes, developed by the Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt and the Senate Department for the Environment, Transport and Climate Protection with the contribution of BEK 2030 (Berlin Energy and Climate Protection Programme).*

The strategies and actions of the plan to deal with heat waves can be collected in two categories, the first related to the morphology of the urban fabric and the technological aspects of buildings and the second to the inclusion of urban greening in strategic points of the blocks.

The main strategies are: promoting ventilation, shading, urban greening and greening, evapotranspiration and finally refraction of solar radiation. They correspond, for the first category, to the following actions: for areas of the city where volumetric increases are foreseen, to enhance ventilation through interventions on the morphology of the blocks; to apply shading systems to buildings; to combine adaptive measures based on the principle of "thermal loading and unloading". In this case it is possible to achieve a cooling effect by placing green surfaces on one side of the block and by building a compact front on the opposite side as a ther-

mic surface charged by solar radiation. The second category belongs to:

- *urban greening on the roofs and buildings envelope and of open spaces greening. This solution is good in particular in the courtyards of the blocks of the Wilhelminian era, with a relative increase in evapotranspiring and shading surfaces;*
- *actions to remove obstacles or barriers between the edges of the green surface and neighbouring buildings that enjoy cooling effects to allow air circulation and runoff.*

In any case and regardless of category, the plan suggests as a basic strategy the extension of adaptation measures for open spaces within compact blocks (Blockbauweise) or courtyards (Hof) to adjacent streets to maximise the climate adaptation effect.

The green heritage of the German capital is equal to 44% of the urban area and consists of 440,000 trees with an average of 82 trees / linear km. In terms of green proximity - inhabitants, it is estimated that in Berlin 2.2 million people can walk to a green space within a radius of 500 m (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2015).

Within the adaptation plan, the natural capital is a network that can be optimised to adapt to heat waves. The della radiazione solare. Ad esse corrispondono, per la prima categoria, le seguenti azioni: per le zone della città in cui sono previsti incrementi volumetrici, favorire la ventilazione attraverso interventi sulla morfologia degli isolati; applicare sistemi di schermatura sugli edifici; combinare le misure adattive in base al principio di "carico e scarico termico", secondo cui si può ottenere un effetto di raffrescamento posizionando superfici verdi su un lato dell'isolato e costruendo sul lato opposto un fronte di edifici compatto a protezione dalla strada in quanto superficie termicamente caricata dall'irraggiamento solare.

Alla seconda categoria appartengono azioni di *greening* urbano sulle coperture e sugli involucri opachi verticali degli edifici e di greening degli spazi aperti suggerito in particolare nelle corti degli isolati di epoca guglielmina, con relativo aumento delle superfici evapotraspiranti e ombreggianti; azioni di rimozione di ostacoli o barriere tra i margini della superficie trattata a verde e gli edifici limitrofi che godono degli effetti di raffrescamento per consentire la circolazione e il deflusso dell'aria. In ogni caso e indipendentemente dalla categoria, il piano suggerisce come strategia di base l'estensione delle misure di adattamento per gli spazi aperti all'interno degli isolati a blocco compatto (*Blockbauweise*) o delle corti (*Hof*) alle strade adiacenti per massimizzare l'effetto di adattamento climatico.

Il patrimonio verde di cui dispone la capitale tedesca è pari al 44% della superficie urbana e consiste in 440.000 alberi con una media di 82 alberi/ km lineare. In termini di prossimità verde - abitanti, si calcola che a Berlino 2,2 milioni di persone può raggiungere a piedi uno spazio verde entro un raggio di 500 m (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2015). All'interno del piano di adattamento,



Fig. 2 - Berlino, quartiere Adlershof. Sistema di trincee inverdite a cielo aperto per la raccolta delle acque meteoriche dalla strada / *Berlin, Adlershof district. System of green open-air trenches to collect rainwater from the street* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).

il capitale naturale è concepito come una rete suscettibile di ottimizzazioni ai fini adattivi rispetto alle ondate di calore. L'ottimizzazione, forte di una mappatura del potenziale adattivo delle aree verdi (parchi, corridoi verdi, superfici a prato), è finalizzata a ottenere un effetto di raffrescamento individuato a partire da 1-2 ha di estensione della superficie verde adattiva per un'efficacia di circa 250 m (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2016).

Le strategie individuate per parchi e aree verdi si completano e si integrano alle strategie applicate sugli isolati osservando i seguenti criteri: utilizzare le strade limitrofe all'isolato come via di trasmissione dell'aria fredda tramite l'inserimento di soluzioni *Nature-Based* di archiviazione delle acque meteoriche; combinare alle corti elementi per la ritenzione delle acque meteoriche provenienti dalle superfici stradali, quali trincee inverdite e bacini di ritenzione per incrementare il raffrescamento. Rispetto al *pluvial flooding*, la *sponge strategy* si compone di cinque punti: infiltrare, immagazzinare, rallentare, distribuire e infine sottrarre le acque meteoriche alla dispersione.

Rispetto ai fenomeni di siccità, a Berlino particolarmente insidiosi per l'importanza di proteggere un vasto e dispendioso capitale naturale, l'amministrazione prevede la protezione e l'incremento delle superfici verdi finalizzata all'infiltrazione e alla ricarica delle falde.

Il patrimonio verde di Berlino rappresenta pertanto da un lato un grande potenziale adattivo per le capacità di infiltrazione, ricarica della falda ed evapotraspirazione, dall'altro un potenziale elemento di esposizione al rischio siccità. Una mappatura di tale patrimonio si è resa indispensabile per la pubblica amministrazione,

optimisation, based on a mapping of the cooling potential of green areas (parks, green corridors, lawn areas), is aimed at achieving an identified cooling effect from 1-2 ha of adaptive green area extension for an efficiency of about 250 m (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2016).

The strategies for parks and green areas are applied on the blocks by observing the following criteria:

- *using the roads adjacent to the block as a cold air transmission route through the inclusion of nature-based stormwater storage solutions;*
- *combine with strategies applied to short elements for the retention of rainwater from road surfaces, such as green trenches and retention basins to increase cooling.*

Compared to rainwater flooding, the sponge strategy consists of five points: to infiltrate, to store, to slow down, to distribute and finally to divert rainwater from dispersion.

Compared to drought phenomena, which are serious in Berlin due to the importance of protecting the natural capital, the administration establishes the protection and increase of green areas for the infiltration and recharge of groundwater.

Berlin's green heritage therefore represents on the one hand a great adaptive potential for infiltration, groundwater

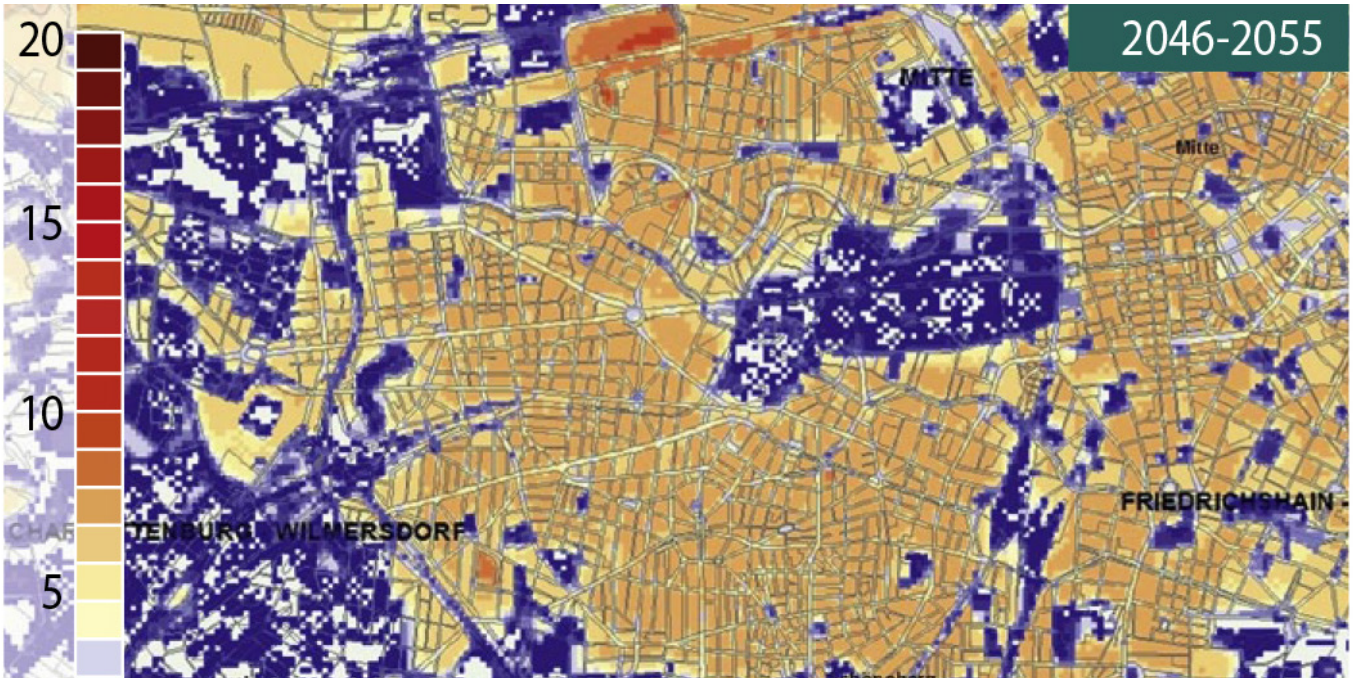


Fig. 3 - Incremento delle notti tropicali simulato a Berlino al 2046-2055 / *Simulated tropical nights increase in Berlin at 2046-2055* (Source: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung/ GEO-Net Umweltconsulting, 2011).

recharge and evapotranspiration capacities and on the other hand a potential element of exposure to drought risk. A mapping of this heritage has become indispensable for the public administration, which in the plan classifies green areas into three categories, high, medium and low positive impact, meaning by this term the potential of the area on heat stress reduction.

The climate impact is qualified with respect to the ability of the areas to fight against the three factors that make up drought, such as an increase in average temperatures, a reduction in summer rainfall and a water reduction. It is clear that the first factor directly relates the hazard of the heat wave to that of drought.

The plan recognizes that green areas have an adaptive effectiveness quantified in 31% compared to precipitation capture/infiltration, 69% effective compared to groundwater recharge for high climate incidence, respectively 39% and 61% for average incidence and finally 82% and 18% for low incidence (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2011).

A mapping of green areas, an outcome of the Umwelatlas and LaPro - Landschaftsprogramme culture, carried out according to intervention priorities and the "bioclimatic discharge" potential of the built up tissue represents the strategy adopted to cope with drought.

Climate adaptation solutions

The Berlin scientific background is based on mapping, measurement and replication of ecosystem-based solutions since the 1990s with the application of the BAF on an urban scale and the Environmental Atlas (Umwelt Atlas) as result of the advances of the Landscape Programme.

The culture of planning produces an adaptation plan that encompasses aspects related to the quantification of effecti-

che all'interno del piano riporta una classificazione del verde in tre categorie di superfici, ad alta, media e bassa incidenza climatica, intendendo con questo termine il potenziale della superficie sulla riduzione dei danni da *heat stress*. L'incidenza si qualifica rispetto alla capacità di contrastare i tre fattori che compongono la siccità, quali aumento delle temperature medie, riduzione delle precipitazioni estive e la riduzione del volume degli specchi d'acqua. È evidente come il primo fattore metta in relazione diretta l'*hazard* dell'*heat wave* a quello della siccità. Il piano riconosce alle superfici verdi un'efficacia in termini di adattamento climatico quantificata nel 31% rispetto a captazione/infiltrazione delle precipitazioni, 69% efficace rispetto alla ricarica delle acque sotterranee per l'incidenza climatica alta, rispettivamente 39% e 61% per l'incidenza media e infine 82% e 18% per l'incidenza bassa (Senatsverwaltug für Stadtentwiklung, 2011).

Una mappatura delle aree verdi, esito della cultura dell'*Umwelatla*s e del *LaPro - Landschaftsprogramme*, eseguita in base alle priorità di intervento e al potenziale di "scarico bioclimatico" dei tessuti edificati rappresenta la strategia adottata



Fig. 4 - Berlino, Wilmesdorf, lama d'acqua usata a scopo ricreativo/ *Berlin, Wilmesdorf, water blade used for recreational purposes* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).



Fig. 5. Berlino, Kreuzberg, sistema di fontane che contribuisce al raffrescamento / *Berlin, Kreuzberg, fountains contributing to cooling* (Photograph by FedericaDell'Acqua, 2018).



Fig. 6. Berlino, Charlottenburg, sistema di specchi d'acqua in prossimità del parco del Tiergarten contribuiscono al raffrescamento/ *Berlin, Charlottenburg, water system close to the Tiergarten park contribute to the cooling down* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).

per fronteggiare la siccità.

Soluzioni di adattamento climatico

Forte di una background scientifico basato sulla mappatura, sulla misurazione e sulla replicazione sperimentale degli interventi *ecosystem-based* costruita a partire dagli anni '90 con l'applicazione del BAF a scala urbana e dell'Atlante Ambientale (*Umwelt Atlas*) esito degli avanzamenti del *Landscape Programme*, la cultura della pianificazione produce un piano di adattamento che sottintende gli aspetti legati alla quantificazione dell'efficacia concentrandosi sulla mappature delle aree maggiormente vulnerabili e di quelle dotate di maggiore potenziale di adattamento, con particolare riferimento al potenziale fornito dal capitale naturale.

Le soluzioni di adattamento climatico contenute nel piano sono di carattere prevalentemente metaprogettuale e non stabiliscono in maniera approfondita le soluzioni tecnologiche o le loro modalità di applicazione. Il cuore del piano consiste nell'associare una serie di soluzioni metaprogettuali di adattamento climatico ad una classificazione elementare del tessuto edificato della città di Berlino (isolato a blocco compatto, isolato con edifici in linea, isolato con edilizia residenziale sparsa di nuova costruzione, complessi scolastici, superfici a uso commerciale e industriale, strade, larghi e piazze e infine parchi e superfici verdi). Il piano non associa alle soluzioni indici o indicatori di quantificazione dell'efficacia dell'adattamento.

Le principali soluzioni metaprogettuali indicate rispetto al *flooding* e all'*heat wave* per gli spazi aperti sono: trincee a cielo aperto, inverdite o interrate per il drenaggio e infiltrazione da applicare sulle superfici impermeabil;de-impermeabilizzazione delle superfici delle corti degli isolati e inserimento di alberature; *watersquare*, vasche di ritenzione; *urban wetlands* con funzione sia di rallentamento / trattamento delle acque meteoriche che di raffrescamento; specchi d'acqua con vegetazione ad alto tasso di evapotraspirazione, canne e giunchi; sistemi di vegetazione galleggiante; specchi d'acqua allineati trasversalmente alla direzione dei venti prevalenti.

Le soluzioni indicate rispetto al *flooding* e all'*heat wave* per le coperture degli edifici sono: tetti "blu" piani o inclinati per la ritenzione delle acque meteoriche con vegetazione nelle aree di nuova espansione o di densificazione sugli edifici prevalentemente di nuova costruzione in grado di sopportare carichi aggiuntivi; tetti verdi intensivi con funzione di ritenzione/ tetto- giardino con terrazza; verde estensivo con funzione di ritenzione / tetto verde abbinato a sistema FV; coperture in ghiaia con funzione di rallentamento delle acque piovane; coperture con alto indice di riflettanza.

Le soluzioni indicate rispetto al *flooding* e all'*heat wave* per gli involucri degli edifici sono: *greening* con vasche orizzontali o verticali in facciata e sistema di irrigazione; *greening* della facciata con vegetazione rampicante e radici livello suolo; ombreggiamento con schermature/ alberature; rivestimento di facciata con alto indice di albedo.

La natura strategica delle indicazioni contenute del piano non si traduce in prescrizioni progettuali di dettaglio, né, al di fuori della classificazione elementare delle tipologie di tessuto urbano precedentemente citata, in disposizioni sulla replicabilità degli interventi di adattamento. Il passo successivo all'individuazione delle soluzioni metaprogettuali viene compiuto in modo diretto associando alle strategie la descrizione di un progetto dimostratore, detto "progetto di riferimento", esemplificativo dello stato di avanzamento dell'applicazione del piano. Tali progetti, per un totale di 14 interventi, sono multiscalari, distinti per l'estensione,

veness by focusing on mapping the most vulnerable areas and those with the greatest potential for adaptation, with particular reference to the potential provided by natural capital.

The climate adaptation solutions of the plan are mainly meta-design and do not set out the technological solutions or how to apply it in depth. The main core of the plan is about how to combine some meta-design climate adaptation solutions with an elementary classification of the built fabric of the city of Berlin (compact blocks, in-line building blocks, new residential building areas, schools, commercial and industrial areas, streets, wide open spaces and squares, and finally parks and green areas). The plan does not associate indexes or indicators to quantifying the effectiveness of the adaptation with the solutions.

The main meta-project against flooding and heat wave for open spaces are: open, green or underground trenches for drainage and infiltration to be applied on waterproof surfaces; unsealed surfaces and greening with trees, watersquare, retention tanks; urban wetlands with both slowing down / rainwater treatment and cooling function; water pools with high evapotranspiration vegetation, reeds and rushes; floating vegetation systems; water ponds aligned to the direction of the prevailing winds.

The solutions against flooding and heat wave for the roofs of buildings are: flat or sloping "blue" roof for rainwater retention with vegetation in areas of new expansion or densification on mainly new buildings able to resist to additional loads;intensive green roof with retention function/ roof garden with terrace; extensive green roof with retention function / green roof combined with solar panels; gravel cover with rainwater slowing function; high reflectance surfaces.

The solutions against flooding and heat wave for building envelopes are: greening with horizontal or vertical tanks on the facade and irrigation system; facade greening with climbing vegetation and ground level roots; shading with shielding / trees; facade cladding with high albedo index.

The strategic attitude of the plan does not translate into detailed design prescriptions, nor, outside the elementary classification of the types of urban fabric mentioned above, into provisions on the replicability of adaptation measures.

The next step after the identification of the meta-project solutions is by associating the description of a demonstrator project to the strategies, called "reference project". They exemplify the state of progress of the plan. These projects, 14 as total, are multi-scale, according to extension, punctual or widespread, and type.

The projects consist of tree planting actions along main

puntuale o diffusa, e si presentano di natura diversa. I progetti consistono in campagne di piantumazione di alberature lungo gli assi urbani principali, interventi di greening delle corti, interventi di efficientamento energetico di edifici residenziali, interventi ex-novo climate – oriented, affrontando le differenti scale del distretto e del sub-distretto, dell'edifico e degli spazi aperti, dei parchi, degli assi urbani e delle vie d'acqua, in alcuni casi con uno specifico taglio riferito al monitoraggio dei risultati, in particolare per i progetti di *watermanagement*. Il caso studio di Berlino presenta alcuni limiti e criticità in termini di trasferibilità legati alla prevalenza di strategie di adattamento climatico basate sull'uso di un capitale naturale molto consistente e storicamente parte dell'approccio al progetto.

urban axes, greening of the courtyards, energy efficiency of residential buildings, ex-novo climate - oriented architectures.

They address at different scales districts and sub-districts, buildings and open spaces, parks, urban axes and waterways, in some cases referred to the monitoring of results, especially for water management projects.

The Berlin case study has some limits of transferability linked to the prevalence of climate adaptation strategies based on the use of a substantial natural capital and historically part of the local design approach.



Fig. 7 - Berlino, Wilmersdorf, Cicerostrasse, playground Hochmeisterplatz. Superficie a prato ondulata in grado di aumentare la superficie captante di raccolta delle acque piovane / *Wavy lawn surface able to increase the catchment area for rainwater harvesting* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).



Fig. 8 - Berlino, Charlottenburg, Bikini House Mall. Camminamento con sistema di tetti verdi/ *Berlin, Charlottenburg, Bikini House Mall. Walking with green roof system* (Photograph by Federica Dell'Acqua, 2018).

References

Haid, C. (2013), "Contentious Informalities. The Narratives of Picnicking at Berlin's Thai Park", in *Dérive. Zeitschrift für Stadtforschung*, n. 51, pp. 43-48

Losasso, M. (2017), "Progettazione ambientale e progetto urbano", *Eco Web Town*, n. 16, vol. II, pp. 7-16.

Reusswig, F., Becker, C., Lass, W., Haag, L., Hirschfeld, J., Knorr, A., Lüdeke, M.K.B., Neuhaus, A., Pankoke, C., Rupp, J., Walther, C., Walz, S.,Weyer, G. & Wiesemann, E. (2016), *Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK)*. *Klimaschutz Teilkonzept Zusammenfassung*, Potsdam, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, (2011), S*tadtEntwicklungsPlan Klima. Urbane Lebensqualität in Klimawendel sichern*, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2015), *Berlin Strategy. Urban Development Concept 2030*, Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, (2016), *StadtEntwicklungsPlan Klima- KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt*, Berlin.

Strumenti di pianificazione resiliente a Rotterdam
Resilient Planning Tools in Rotterdam

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Time of realization	2010
Location	Cityport, Maasvlakte, Rotterdam Stadshaven, Holland
Climate zone	Dfb
Hazard	Floodings, heatwaves, drought
Intervention scale	Town
Level of governance	Rotterdam Municipality

La città di Rotterdam ha avviato a partire dal 2008 la propria strategia sui cambiamenti climatici (*Rotterdam Climate Initiative*) che ha portato nel 2010 a sviluppare due successivi programmi di mitigazione e adattamento: Il *Rotterdam Climate Proof*, che prevede di rendere la città completamente resiliente al 2025, e la Rotterdam Climate Initiative che si pone come obiettivo al 2025 la riduzione delle emissioni di CO_2 del 50% rispetto ai livelli del 1990. Gli obiettivi del *Rotterdam Climate Proof*, inoltre, hanno una componente importate di business: di sviluppo della città come centro di eccellenza nazionale e internazionale per le conoscenze sull'acqua e sui cambiamenti climatici.

Il tema della resilienza urbana è all'attenzione della municipalità già da una quindicina di anni che lavora a questo obiettivo di convivenza con le acque e i suoi effetti. È del 2001, infatti, il primo Piano d'Azione contro le alluvioni, strumento che è stato implementato nel 2005 con un documento che offriva un orizzonte temporale degli interventi pubblici al 2035. Nel 2007, Rotterdam ha varato un secondo piano d'azione, mettendo a punto una strategia di adattamento, completata nel 2013.

Rotterdam, inoltre, si è indirizzata verso iniziative di *Urban Agriculture* al fine di un migliore smaltimento delle acque piovane, depurazione dell'aria e riduzione del fenomeno delle isole di calore presenti nelle città.

Nella città olandese si può dire che il rapporto città-acqua è stato completamente ribaltato: l'acqua da minaccia ambientale è diventata un'opportunità economica, considerando anche, che l'80 % della città, collocata nel cuore del delta del Reno, è al di sotto del livello del mare. Ciò comporta una riprogettazione del sistema idrico cittadino impegnando la città a fare i conti con gli effetti tragici delle alluvioni.

Parole chiave
Adaptation, climate responsive design, climate change, mitigation, Rigenerazione urbana, approccio bioclimatico

Obiettivi

Rotterdam è stata una delle prime città ad interessarsi al concetto di resilienza e di adattamento ai cambiamenti climatici avviando la propria strategia attraverso il

The city of Rotterdam launched its climate change strategy in 2008 (Rotterdam Climate Initiative) which led in 2010 to the development of two successive mitigation and adaptation programmes. Rotterdam Climate Proof plans to make the city fully resilient by 2025, while Rotterdam Climate Initiative the goal is to reduce CO_2 emissions by 50% compared to 1990 levels by 2025.

The goals of Rotterdam Climate Proof, moreover, have an important business component: the development of the city as a centre of national and international excellence for knowledge on water and climate change. The theme of urban resilience has been at the attention of the municipality for some fifteen years now, working towards this goal of living with water and its effects. In fact, the first Action Plan against floods dates back to 2001, an instrument that was implemented in 2005 with a document that offered a time horizon of public interventions to 2035. In 2007, Rotterdam launched a second action plan, developing an adaptation strategy, which was completed in 2013.

Rotterdam has also moved towards Urban Agriculture initiatives to improve rainwater disposal, air purification and reduce the phenomenon of heat islands in cities. In the Dutch city, it can be said that the city-water relationship has been completely reversed: water from an environmental threat has become an economic opportunity, considering also that 80 % of the city, located in the heart of the Rhine delta, is below sea level. This means redesigning the city's water system and committing the city to dealing with the tragic effects of flooding.

Keywords
Adaptation, climate responsive design, climate change, mitigation, urban regeneration, bioclimatic approach.

Goals

Rotterdam was one of the first cities to take an interest in the concept of resilience and adaptation to climate change by initiating its own strategy through the Rotterdam Climate Initiative 2010 and the Rotterdam Resilient Strategy 2030.

Specifically, Rotterdam identifies 7 main goals:

1. *Rotterdam: a balanced society, which is articulated through the following initiatives:*
   - *Program for 21 century skills and young leadership;*
   - *Building on the public health act 2016–2019;*
   - *Program: we–society.*
2. *World port city built on clean and reliable energy;*
3. *Rotterdam: Cyber Port City;*
4. *Climate resilient Rotterdam to a new level;*
5. *Infrastructure ready for the 21st century;*
6. *Rotterdam Networkcity – truly our city;*
7. *Anchoring resilience in the city.*

Adaptation strategies and actions

Over the centuries, Dutch society has learned to live together under the constant threat of flooding and this condition has shaped and shaped not only the Dutch landscape, but also its administrations. The change in the intensity of the rainfall also has consequences in terms of drought. This is why the challenge is to overcome the drawbacks of flooding and prolonged periods

Rotterdam Climate Initiative 2010 e il *Rotterdam Resilient Strategy 2030*.

Nello specifico Rotterdam individua 7 obiettivi principali:

1. *Rotterdam: a balanced society*, che si articola attraverso le seguenti iniziative:
   - *Program for 21 century skills and young leadership*;
   - *Building on the public health act 2016–2019*;
   - *Program: we–society.*
2. *World port city built on clean and reliable energy*;
3. *Rotterdam: Cyber Port City*;
4. *Climate resilient Rotterdam to a new level*;
5. *Infrastructure ready for the 21st century*;
6. *Rotterdam Networkcity* – truly our city;
7. *Anchoring resilience in the city*.

Strategie e azioni di adattamento

Nei secoli, la società olandese ha imparato a convivere sotto la costante minaccia delle alluvioni e questa condizione ha modellato e plasmato non solo il paesaggio olandese, ma anche le sue amministrazioni.

Il cambiamento dell'intensità delle piogge porta con sé conseguenze anche sul piano della siccità.

Per questo la sfida è quella di saper ovviare agli inconvenienti dovuti ai fenomeni di allagamento e a quelli di periodi prolungati di siccità.

Oggi sono disponibili numerose tecniche in grado di ridurre o prevenire i danni causati dalle inondazioni, che se usate correttamente sono in grado di rendere "flood proof" le città a rischio attraverso le tecniche di *Wet Proofing* e il *Dry Proofing*. Il *Wet Proofing* consente all'acqua di entrare all'interno dell'edificio senza

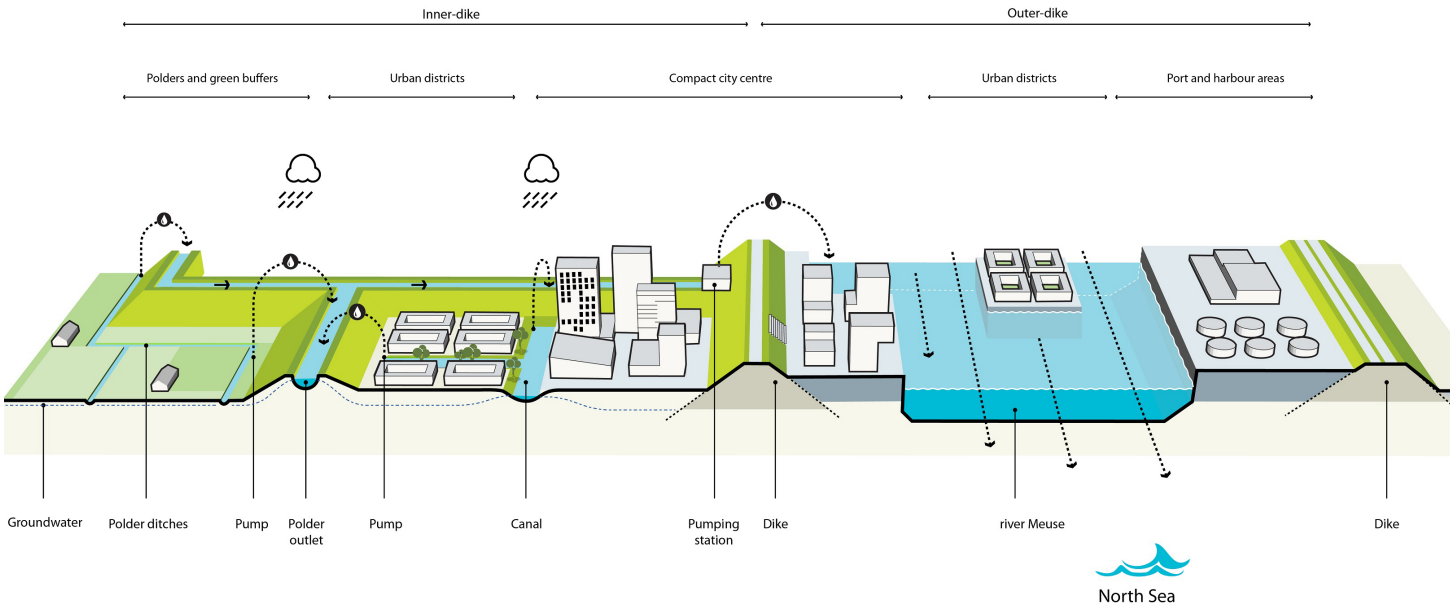


Fig. 1 - Le strategie di Rotterdam / *Rotterdam strategies* (Source: http://rdcrotterdam.com/).

comportare alcun danno. Gli edifici "*Wet flood proof*" consentono l'allagamento temporaneo dei livelli più bassi in cui devono essere utilizzati materiali resistenti all'acqua per prevenire danneggiamenti di vario genere.

Il *Dry Proofing*, invece, prevede il mantenimento dell'acqua all'esterno rendendo impermeabile l'intero edificio. Il metodo più semplice è certamente quello che richiede l'elevazione del primo piano dell'edificio sopra il livello considerato a rischio, cercando di posizionare anche tutte le aperture al di sopra di questo livello. Inoltre, un altro metodo che assicura un alto tasso di protezione in caso di alluvioni è rappresentato dalla sopraelevazione dell'intero edificio sopra il livello considerato a rischio alluvioni. Le tecniche più comuni per sollevare gli edifici risultano essere le fondazioni su pali (*stilts*) o la creazione di colline artificiali (*mounds*).

Essenziale per una strategia adattiva è, quindi, una implementazione proattiva, capace di aggiustamenti in funzione delle mutevoli circostanze.

In merito all'ambito del sistema idrico urbano, infatti, è in atto la strategia del *Water Program*. L'innovazione di questa strategia risiede nel fatto che è stato attuato un cambiamento di approccio rispetto alla progettazione e, dunque, alle opere da realizzare con il miglioramento del sistema idrico: sulle periferie si preferiscono soluzioni flessibili e multifunzionali su piccola scala. Nella parte centrale, invece, si sperimentano soluzioni di *retrofitting* sensibili al clima, capaci di rifunzionalizzare alcune strutture esistenti: è il caso di un garage sotterraneo, che è diventato un collettore di 10 mila metri cubi d'acqua di capacità.

Soluzioni adattive

La città di Rotterdam ha incluso all'interno dei piani per l'adattamento al clima e per la pianificazione urbana, la predisposizione all'edificazione di distretti gal-

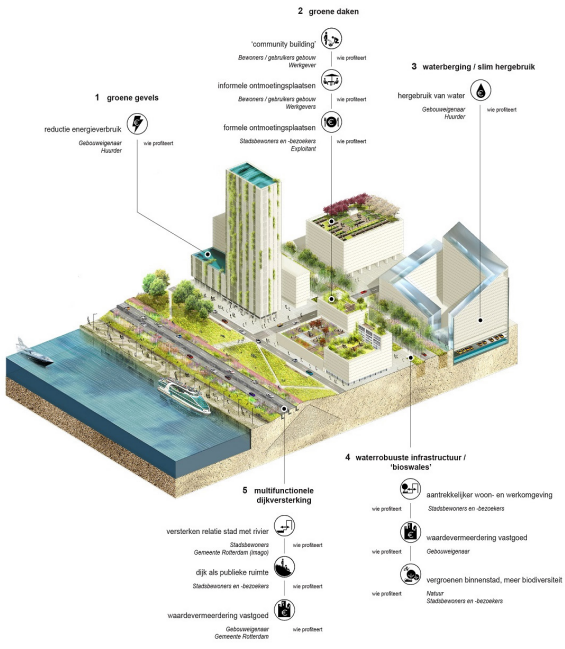


Fig. 2 - Alcuni interventi di Rotterdam / *Some Rotterdam actions* (Source: http://rdcrotterdam.com/).

of drought.

Today there are numerous techniques available to reduce or prevent damage caused by flooding, which if used correctly are able to make "flood proof" cities at risk through the techniques of Wet Proofing and Dry Proofing. Wet proofing allows water to enter the building without causing any damage. Wet flood proof buildings allow temporary flooding of the lower levels where water resistant materials have to be used to prevent damage of various kinds. Dry Proofing, instead, foresees the maintenance of water outside the building making the whole building waterproof. The simplest method is certainly the one that requires the elevation of the first floor of the building above the level considered at risk, trying to place also all the openings above this level. In addition, another method that ensures a high level of flood protection is to raise the entire building above the flood risk level. The most common techniques for raising buildings are the foundation on poles (stilts) or the creation of artificial hills (mounds). Essential for an adaptive strategy is, therefore, a proactive implementation, capable of adjustment to changing circumstances. The innovation of this strategy lies in the fact that a change of approach has been implemented with respect to the design and, therefore, to the works to be carried out with the improvement of the water system: on the flexible outskirts and multifunctional small-scale solutions are preferred. In the central part, on the other hand, climate-sensitive retrofitting solutions are being experimented, capable of re-functionalizing some existing structures: this is the case of an underground garage, which has become a collector of 10 thousand cubic meters of water capacity.

Adaptive solutions

The city of Rotterdam has included in its plans for climate adaptation and urban planning, the preparation for the construction of floating districts. The totality of the former harbour areas to be redeveloped within the municipal boundary is about 1,600 hectares, which are located in an area not protected by dams and therefore easily subject to flooding. This makes it an ideal location for the expansion of the city of Rotterdam through the floating architecture solution. The administration of Rotterdam has defined the areas of the city that will host permanent or temporary floating structures; and has also established that in the next 20-30 years about 6,000 floating houses of various sizes will be built. The first pilot project of a floating structure is a floating pavilion, designed by the municipality of Rotterdam with architects Delta Sync and Public Domain on the river Maas. The three interconnected transparent domes are easily positioned and energy self-sufficient thanks to the solar energy used for heating and cooling. The pavilion is composed

of three interconnected hemispheres, consisting of a hexagonal steel structure with hexagonal base, buffered by Ethylene Tetra Fluor Ethylene modules - ETFE. They are raised on a concrete base cast on a system of floats in Sintered Expanded Polystyrene (EPS), whose thickness also contains part of the systems necessary to make the building self-sufficient, avoiding its compulsory connection to the electricity and sewerage networks. Polystyrene represents a technological leap forward compared to traditional houseboats, as it is able to support heavier structures and reduce the cost of individual buildings, thanks to a reduced use of materials. The bubbles, which occupy a total area of four tennis courts and boast a height of 12 metres, are used as exhibition and congress space and house the National Water Centre. Students from Hogeschool Rotterdam and the College of Albeda participated in the construction process. The building, anchored in the old harbour of the city, is able to adapt to changing water levels and be transported along the banks of the delta. The sun's rays, using the greenhouse effect, heat it passively. Different degrees of transparency characterize the ETFE cushions: those in the upper layers are less transparent to avoid excessive exposure to the sun. Large doors and tilting slats guarantee natural ventilation. In the lower dome, a system of solar collectors is used to cool the rooms through an adiabatic process. The water used in the toilets is

leggianti. La totalità delle aree ex portuali da riqualificare all'interno del confine comunale hanno un'estensione di circa 1.600 ettari che si trovano in una zona non protetta da dighe e quindi facilmente soggetta ad inondazioni. Ciò la rende una location ideale per l'espansione della città di Rotterdam attraverso la soluzione dell'architettura galleggiante.

L'amministrazione ha definito le aree della città che ospiteranno strutture galleggianti permanenti o temporanee; e ha inoltre stabilito che nei prossimi 20-30 anni verranno edificate circa 6.000 abitazioni galleggianti di varia dimensione. Il primo progetto pilota realizzato è un padiglione flottante, concepito dalla municipalità di Rotterdam con gli architetti *DeltaSync* e *Public Domain* sul fiume Maas. Le tre cupole trasparenti interconnesse sono facilmente posizionabili e autosufficienti grazie all'energia solare utilizzata per riscaldamento e raffrescamento.

Il padiglione si compone di tre emisferi interconnessi, costituiti da una struttura in acciaio a base esagonale, tamponata da moduli in ETFE (*Ethylene Tetra Fluor Ethylene modules*). Essi sono innalzati su una base di cemento gettata su un sistema di galleggianti in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato), il cui spessore contiene anche parte degli impianti necessari a rendere l'edificio autosufficiente, evitando una sua connessione obbligata alle reti elettriche e fognarie.

Il polistirene rappresenta un salto tecnologico rispetto alle case galleggianti tradizionali poiché è in grado di sostenere strutture più pesanti e di abbattere il costo degli edifici individuali, grazie a un utilizzo ridotto di materiali. Le bolle, che occupano una superficie totale di quattro campi da tennis e vantano un'altezza di 12 metri, sono utilizzate come spazio espositivo e congressuale e ospitano il Centro nazionale per l'acqua. Gli studenti della Hogeschool Rotterdam e il College



Fig. 3 - Il padiglione flottante sul fiume Maas / *The floating pavilion on the Maas River* (Source: http://rdcrotterdam.com/projects/floating-pavilion-rotterdam/).

di Albeda hanno partecipato al processo di costruzione. L'edificio, ancorato nel porto vecchio della città, è in grado di adattarsi ai mutevoli livelli dell'acqua e di essere trasportato lungo le rive del delta. Esso viene riscaldato passivamente dai raggi solari, utilizzando l'effetto serra. Differenti gradazioni di trasparenza caratterizzano i cuscini in ETFE: quelli negli strati superiori sono meno trasparenti per evitare l'eccessiva esposizione al sole, mentre quelli nella parte inferiore lo sono maggiormente. La ventilazione naturale è garantita da grandi portelli e lamelle basculanti. Nella cupola minore un sistema di collettori solari viene utilizzato per il raffreddamento degli ambienti attraverso processo un adiabatico. L'acqua utilizzata nelle toilette è depurata invece attraverso il sistema a tre serbatoi dall' *International Business Administration* - IBA, che sfruttano tre differenti processi (fisico, chimico e biologico) che si svolgono in tre distinti serbatoi. Questo progetto vuole essere un manifesto per la città di Rotterdam che ambisce alla costruzione di nuovi spazi pubblici e privati, di nuove architetture galleggianti sul fiume Maas.

Lo sviluppo urbano sull'acqua ha creato nuove e numerose sfide da affrontare. La mobilità degli edifici conferisce uno sviluppo dinamico alla città e dà la possibilità di studiare a fondo un trasporto basato sull'intreccio tra mobilità tradizionale e mobilità sull'acqua. Si possono adottare numerose tipologie di pianificazione urbanistica galleggiante, grazie proprio alle libertà del sistema su cui si opera, da una città con un nucleo compatto, ad una con una configurazione più dispersiva.

Ognuna delle due scelte ha i suoi pro e contro: con un nucleo compatto c'è un bisogno minore di infrastrutture, ma il senso di spazialità e di contatto con l'acqua si perde più facilmente; una soluzione più dispersiva ha più spazio a disposizione, che richiede tuttavia costi maggiori per le infrastrutture necessarie. La dinamicità della città dà la possibilità di iniziare il progetto con un piano più dispersivo, per poi man mano ridurre l'uso di superficie e materiale in base alle necessità. Un altro grande vantaggio di una città galleggiante è la mobilità e flessibilità durante la costruzione, l'uso e la dismissione a fine vita. La struttura di un quartiere galleggiante può essere facilmente adattata alle esigenze e ai cambiamenti della comunità o a spostamenti di luogo.

Una costruzione galleggiante prevede o intere abitazioni costruite in fabbrica oppure l'assemblaggio in loco di componenti prefabbricati: il risultato di questi processi è una qualità migliore ad un costo inferiore. L'architetto olandese Koen Olthuis ha coniato il termine *hydrocity* che, a differenza dell'espressione "*water city*" che descrive semplicemente una città costruita sulla terra ma a contatto con l'acqua (di mari, fiumi etc.), descrive una nuova identità di città che vede la terra ed il mare sullo stesso piano ed entrambi portatori delle più importanti infrastrutture, funzioni e identità. Le *hydrocities* non sono quindi delle città ex novo costruite totalmente sull'acqua, ma sono delle evoluzioni delle città esistenti, in cui la divisione tra terra e acqua si assottiglia sino a scomparire. L'utilizzo intensivo dell'acqua può aumentare la qualità urbana della città e lo stile di vita di chi la abita, quindi proprio la volontà di modificare il proprio stile di vita, unito alle problematiche legate all'aumento della densità abitativa e ai cambiamenti climatici, può far sì che le odierne città con a disposizione un waterfront si trasformino in hydrocities relazionandosi alla tipologia che la caratterizza, che sia il mare, un fiume, un lago o un canale.

purified instead through the system with three tanks supplied by the International Business Administration - IBA, which use three different purification processes (physical, chemical and biological) that take place in three different tanks. This project wants to be a manifesto for the city of Rotterdam that aims to build new public and private spaces, new floating architecture on the Maas River. Urban development on water has created new and numerous challenges. The mobility of buildings gives a dynamic development to the city and gives the possibility to study in depth a transport based on the intertwining of traditional mobility and mobility on water. Many types of floating urban planning can be adopted, thanks to the freedom of the system on which it operates, from a city with a compact core to one with a more dispersive configuration. Each of the two choices has its advantages and disadvantages: with a compact core, there is less need for infrastructure, but the sense of space and contact with water is more easily lost; a more dispersive solution has more space available, but requires higher costs for the necessary infrastructure. The dynamism of the city gives the possibility to start the project with a more dispersive plan, and then gradually reduce the use of surface and material as needed. Another great advantage of a floating city is its mobility and flexibility during construction, use and decommissioning at the end of its life. The structure of a floating neighbourhood can be easily adapted to the needs and changes in the community or to location shifts. Either a floating construction involves entire factory built houses or the on-site assembly of prefabricated components: the result of these processes is better quality at a lower cost. The Dutch architect Koen Olthuis coined the term hydrocity which, unlike the expression "water city" which simply describes a city built on land but in contact with water (of seas, rivers etc.), describes a new identity of a city that sees land and sea on the same level and both bearers of the most important infrastructures, functions and identities. Therefore, hydrocities are not new cities built entirely on water, but are evolutions of existing cities, where the division between solid land and liquid water is thinning until it disappears. The intensive use of water can increase the urban quality of the city and the lifestyle of those who live in it. So the desire to change their lifestyle, combined with the problems related to the increase in population density and climate change, can cause today's cities with a waterfront to become hydrocities related to the type of water that characterizes it, whether it is the sea, a river, a lake or a canal.

Execution processes

In recent years, was developed the visionary project of Rotterdam Water City 2035 (Rotterdam Waterstad 2035), which can be considered a fundamental step for water management through the development of three ideas:

1. *River City in the centre: the areas adjacent to the centre in contact with the Nieuwe Mass River need to be redeveloped according to ecological and floating architecture themes.*
2. *Channel City in the North: it envisages an improvement in water-related infrastructure with the aim of storing or retaining rain through the control of the speed of water flows with new types of structures, such as green roofs, parks, expansion of canals. Slowing down the flow of water or storing it for other uses helps, in fact, to reduce the pressure on the old generation of water discharge infrastructures.*
3. *Water Network City in the South: in this specific case, most of the water contained in the canals is at the same altitude.*

Processi attuativi

Negli ultimi anni, si è sviluppato il progetto visionario *Rotterdam Water City 2035* (Rotterdam Waterstad 2035), un passo fondamentale per la gestione delle acque attraverso lo sviluppo di tre idee:

1. *River City* nel centro: le zone adiacenti al centro a contatto con il fiume Nieuwe Mass devono essere riqualificate secondo i temi che riguardano l'ecologia e l'architettura galleggiante.
2. *Channel City* a Nord: prevede un miglioramento delle infrastrutture legate all'acqua con lo scopo di immagazzinare o trattenere le piogge attraverso anche il controllo della velocità dei flussi d'acqua con nuove tipologie di strutture, quali tetti verdi, parchi, espansione dei canali. Rallentare il flusso dell'acqua o stoccarla per altri usi aiuta, infatti, a ridurre la pressione sulle infrastrutture di vecchia generazione di scarico delle acque.
3. *Water Network City* a Sud: in questo specifico caso, la maggior parte dell'acqua contenuta nei canali si trova alla stessa altitudine.

References

Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockstrom, J. (2006), "Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters", *Science,* vol. 309, n. 5737, pp. 1036-1039.

Ceci, G. (2017), *Floating Urban Agritecture in Rotterdam*, Tesi di laurea magistrale, Politecnico di Milano, Relatore: prof.ssa Zanelli Alessandra.

Daglio, L. (2014), *Abitare con l'acqua, soluzioni e strategie per il progetto sostenibile*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

Gemeente Rotterdam (2005), *Rotterdam Waterstad 2035*, Episode-publisher, Rotterdam.

Gemeente Rotterdam (2007), *Waterplan 2 Rotterdam,* Episode-publisher, Rotterdam.

Lepore, M. M. (2009), *Attrezzature temporanee sull'acqua: riflessioni per uno sviluppo sostenibile*, Alinea, Firenze.

Lohrberg, F., Licka, L., Scazzosi, L. (2016), *Urban Agricolture Europe*, Jovis, Berlin.

Olthuis, K., Keuning, D., (2010), *FLOAT!: Building on water to combat urban congestion and climate change*, Frame, Amsterdam.

Websites

http://rdcrotterdam.com/

http://rdcrotterdam.com/projects/floating-pavilion-rotterdam/

https://ilgiornaledellarchitettura.com/web/2018/02/11/climate-change-1-le-citta-europee-si-attrezzano-cosi/

www.olanda.cc

www.portofrotterdam.com/en

www.rotterdamclimateinitiative.nl

La collaborazione istituzionale per il piano di adattamento di Padova
The Institutional Collaboration for the Padua Adaptation Plan

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Time of realization	2016
Location	Padova, Italy
Climate zone	Cfa
Hazard	Floodings, heatwaves, drought, CO2 emissions, GHG emissions
Intervention scale	Town
Level of governance	Comune di Padova

Una delle città italiane che ha iniziato a sviluppare un approccio "resiliente" al *climate change* è Padova, sviluppando le "linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico", attraverso una cooperazione tra l'Università IUAV di Venezia ed il Settore Ambiente e Territorio del Comune di Padova, individua gli impatti potenziali e alcune ipotesi di soluzioni operative trasformando le criticità in opportunità e rendendo la città resiliente al *climate change* e al *Carbon Neutrality* entro il 2050.

Tra i programmi e progetti previsti da Padova per la resilienza e l'adattamento al cambiamento climatico si riportano quelli del PAES - Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del 2011, con la predisposizione del Regolamento edilizio di sostenibilità. Esso è strutturato sulla base del Protocollo Itaca e integrato con criteri di eco-compatibilità finalizzati alla riduzione delle emissioni di CO_2, al miglioramento del patrimonio edilizio, alla promozione di interventi edilizi volti al miglioramento dell'esistente e al sostegno e promozione del mercato dell'edilizia in città. Si prevede, inoltre, l'attivazione di progetti per studi approfonditi sugli impatti del cambiamento climatico e collaborazioni con alcuni enti del territorio, quali l' ARPA - Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale e Università al fine di valutare le maggiori vulnerabilità del territorio stesso, da considerare come base nei piani e nelle decisioni sullo sviluppo urbanistico delle città. Padova, infatti, si preoccupa di contribuire alla mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità individuando, all'interno del PTA - Piano di tutela delle acque, gli strumenti per la protezione e la conservazione della risorsa idrica. Vengono così identificate azioni di raccolta delle acque di prima pioggia per un possibile riuso attraverso la realizzazione di pozzi, aree di accumulo, l'installazione di cisterne di recupero dell'acqua piovana e l'incentivazione di uso dei tetti verdi con una elevata capacità di resistere a periodi di siccità, in grado di rigenerarsi ed auto propagarsi in maniera rapida e autosufficiente, tale da non richiedere interventi manutentivi frequenti.

One of the Italian cities that has begun to develop a "resilient" approach to climate change is Padova, developing the "Guidelines for the construction of the climate change adaptation plan" that, through cooperation between the IUAV University of Venice and the Environment and Territory Sector of the Municipality of Padova, identifies the potential short and medium-long term impacts and some hypotheses for operational solutions, turning critical issues into opportunities and making the city resilient to climate change and carbon neutrality by 2050.

Among the programs and projects planned by Padova for re-



Fig. 1 - Quadrante di intervento Padova / *Intervention site of Padova* (Source: Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico- Padova, 2016).

silience and adaptation to climate change are those of the SEAP - Sustainable Energy Action Plan 2011, with the preparation of the Building Regulations for sustainability. It is structured on the basis of the Itaca Protocol and integrated with eco-compatibility criteria aimed at the reduction of CO_2 emissions, the improvement of the building heritage, the promotion of building interventions aimed at the improvement of the existing and the support and promotion of the building market in the city. It is also planned to activate projects for in-depth studies on the impacts of climate change and collaborations with some local authorities, such as the Regional Agency for Environmental Protection - ARPA and Universities in order to assess the major vulnerabilities of the territory itself, to be considered as a basis in plans and decisions on urban development of cities. Padova, in fact, is concerned to contribute to the mitigation of the effects of floods and drought by identifying, within the PTA - Water Protection Plan, the instruments for the protection and conservation of water resources. In this way, actions are identified for the collection of first rainwater for possible reuse through the construction of wells, storage areas, the installation of rainwater recovery tanks and the encouragement of the use of green roofs with a high capacity to withstand periods of drought, able to regenerate and propagate quickly and self-sufficiently, so as not to require frequent maintenance interventions.

Keywords
Adaptation, climate change, mitigation, impact indicators, urban regeneration.

Goals

One of the effects of climate change has been precipitation, which has also caused an increase in extreme weather events. If in some areas lack of rain causes drought, possible desertification of areas, in others, storms, and water bombs because pluvial flooding that cannot be controlled due to proper design and implementation. Climate change will accentuate the intensity and duration of droughts, exacerbating existing water availability problems. This problem is linked to the raising of the seas. Padova, in fact, identifies in the technical-strategic report contained within the Adaptation Plan, the inventory of analyses of the vulnerability of the territory in sectoral planning, including areas subject to flooding due to sea level rise. This problem involves a greater risk of flooding and erosion of coastal areas, also, in association with the phenomenon of subsidence of both natural and anthropogenic origin. Human activity, in fact, and in particular the use of fossil fuels, has increased the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, witnessing, in the last ten years, the warming of the oceans, the rise in sea level and

Parole chiave
Adaptation,climate change, mitigation, indicatori di impatto, rigenerazione urbana

Obiettivi

Uno degli effetti del *climate change* sono state le precipitazioni provocando anche l'aumento degli eventi meteoclimatici estremi. Se in alcune zone la mancanza di pioggia provoca siccità e possibile desertificazione delle aree, in altre, tempeste e bombe d'acqua provocano allagamenti non controllabili a causa di una progettazione e realizzazione adeguata. Il cambiamento climatico, infatti, accentuerà l'intensità e la durata dei periodi di siccità, aggravando i problemi di disponibilità idrica già presenti. A questa problematica si lega quella dell'innalzamento dei mari. Padova, infatti, individua nella relazione tecnico-strategica contenuta all'interno del Piano di adattamento, l'inventario delle analisi della vulnerabilità del territorio nella pianificazione settoriale, incluse le aree soggette a inondazione per innalzamento del livello del mare. Questa problematica comporta un maggiore rischio di inondazione ed erosione delle zone costiere anche in associazione al fenomeno della subsidenza di origine sia naturale che antropica.

L'attività umana, infatti, e in particolare l'uso di combustibili fossili, ha fatto aumentare la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera assistendo, negli ultimi dieci anni, anche al riscaldamento degli oceani, l'innalzamento del livello dei mari e la riduzione dei ghiacciai. Il Piano di adattamento individua i fattori climatici e definisce sistemi urbani per la realizzazione di progetti pilota, applicabili e ripetibili, tra i quali sono riscontrabili:

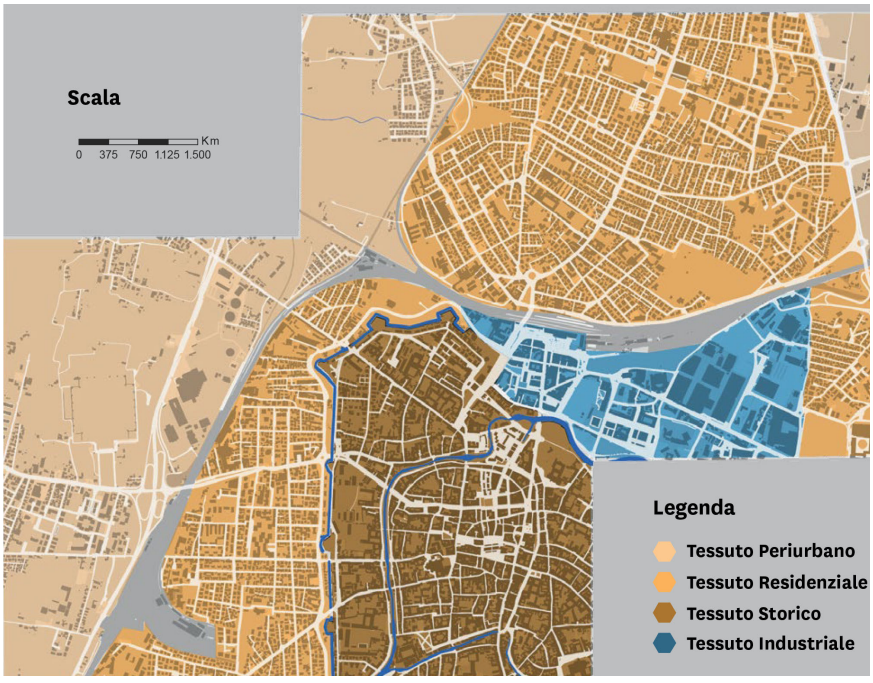


Fig. 2 - Analisi del tessuto urbano di Padova / *Analysis of the urban fabric of Padova* (Source: Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico - Padova, 2016).

- aumento delle temperature, ondate di calore, UHI;
- diminuzione delle precipitazioni, approvvigionamento idrico difficoltoso;
- aumento della intensità delle precipitazioni e dei fenomeni atmosferici estremi;
- aumento del livello medio del mare, anche in relazione a fenomeni meteorologici estremi.

Pertanto, con il Piano di adattamento al *climate change* Padova, mira a fornire uno strumento che contenga azioni concrete, identifichi attori specifici con specifiche responsabilità e che preveda forme di monitoraggio dei risultati.

Strategie e azioni di adattamento

Tutti i progetti inseriti nel Piano hanno come obiettivo quello di ridurre le emissioni di gas serra del territorio padovano, in modo da contrastare i continui cambiamenti climatici, dalle emissioni di CO_2 immesse in atmosfera, all'innalzamento delle temperature degli oceani, alla crescita della desertificazione e a periodi sempre più lunghi di siccità.

A tal fine le principali azioni strategiche di adattamento e mitigazione della problematica sono:

- aumentare la permeabilità delle superfici;
- ridurre la portata di picco e del deflusso a valle;
- aumentare il tempo di corrivazione del bacino;
- ridurre dell'impatto inquinante;
- separare le acque di prima pioggia per un possibile riuso.

Ciò è possibile attraverso la progettazione e realizzazione di pozzi, trincee di

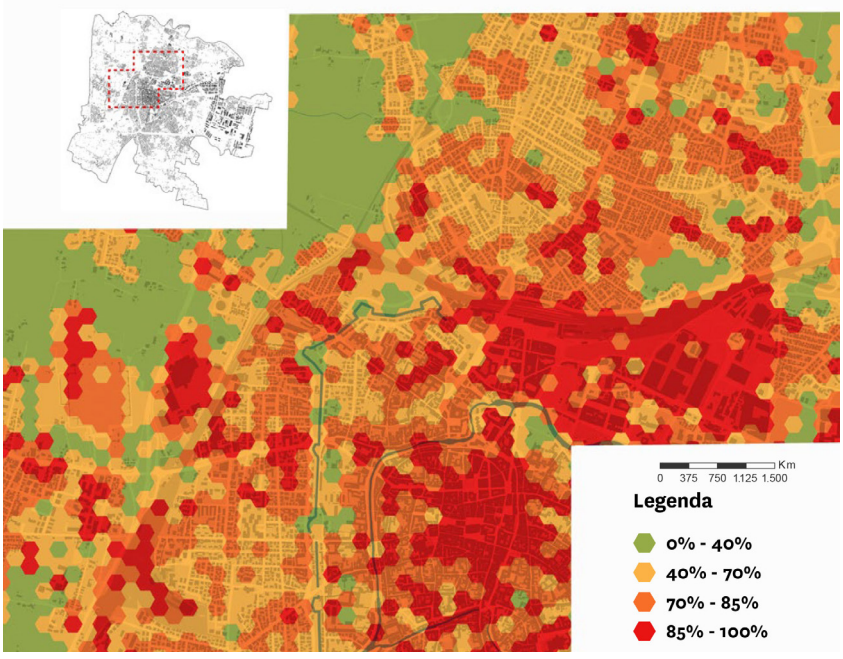


Fig. 3 - Rappresentazione grafica della percentuale di impermeabilità del suolo/ *Graphical representation of the percentage of soil permeability* (Source: Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico - Padova, 2016).

the reduction of glaciers.

The Adaptation Plan identifies climate factors and defines urban systems for the implementation of applicable and repeatable pilot projects, among which are:

- *rising temperatures, heat waves, UHI;*
- *decreased rainfall, difficult water supply;*
- *increased intensity of precipitation and extreme weather phenomena;*
- *the rise in average sea level, also in relation to extreme weather phenomena.*

Therefore, with the Climate Change Adaptation Plan, Padova, aims to provide a tool that contains concrete actions, identifies specific actors with specific responsibilities and provides for forms of monitoring of results.

Adaptation strategies and actions

All the projects included in the Plan aim to reduce greenhouse gas emissions in the territory of Padova, in order to counteract the continuous climate change, from CO_2 emissions released into the atmosphere, to rising ocean temperatures, the growth of desertification and increasingly long periods of drought.

To this end, the main strategic actions for adaptation and mitigation of the problem are:

- *increase the permeability of surfaces;*
- *reduce peak flow and downstream runoff;*
- *increase basin runoff time;*
- *reduce pollution impact;*
- *separate first rainwater for possible reuse.*

This is possible through the design and construction of wells, infiltration trenches, vegetated paved surfaces, bumps, plant filters, storage areas, artificial lakes and green depressions, the promotion of the use of green roofs and the installation of rainwater recovery tanks.

Adaptive solutions

The Padova adaptation plan aims to define preparatory actions adaptive to heat island phenomena through design indications, both on an urban and building scale, placed within existing urban planning tools. The starting point is the Itaca Protocol, which has led to the definition of actions, aimed at reducing the flow of heat stored in the urban structure, net incident radiation and anthropogenic heat.

To this end, specific targets are identified, such as the limitation of urban expansion, the reuse of brownfields and the regeneration of the existing heritage, with possible intervention actions, including:

- *green corridor design;*
- *interventions on building geometry;*

- *increased values of reflectance and emissivity;*
- *design of green surfaces, such as green walls and/or garden roofs;*
- *reduction of waterproof flooring.*

The goal of the Padova Adaptation Plan is to make the city ready for climatic changes. The first actions foreseen consist in the analysis of the vulnerability of the territory through a coordination structure for the identification of critical issues and the reduction of disaster risk, also based on the participation of citizens' groups and on agreements with civil society.

As with the problem of the heat island, even with heat waves the main enemy is the high temperature that floods the cities. To this end, the resilience actions foreseen are similar, often coinciding, with those foreseen for the adaptation to heat island phenomena, i.e. the design of green corridors and wetlands for the lowering of temperature and the conservation and preservation of existing green areas.

The Action Plan also makes it possible to construct an inventory of potential impacts through the analysis of areas at water risk, coastal areas at erosion risk and urban heat islands. This permit to identify the possible intervening action both mi-

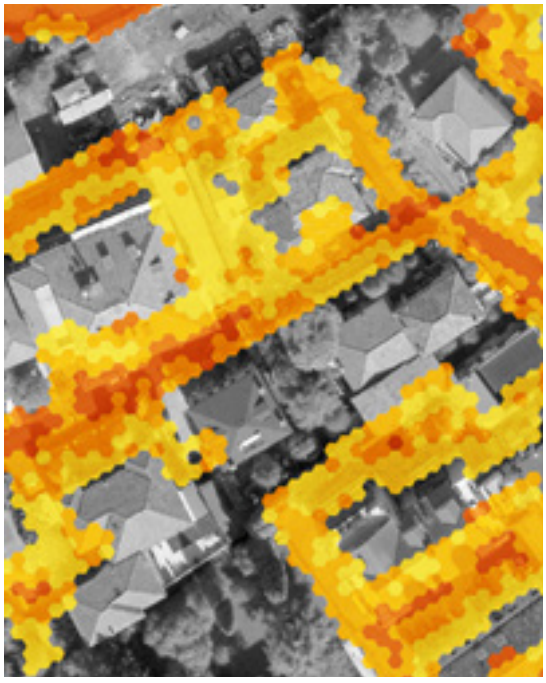


Fig. 4 - Analisi dell'irraggiamento degli edifici/ *Irradiation analysis of building context* (Source: Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico, Padova, 2016).

infiltrazione, superfici pavimentate vegetate, cunette, filtri vegetali, aree di accumulo, laghetti artificiali e depressioni verdi, l'incentivazione di uso dei tetti verdi e l'installazione di cisterne di recupero dell'acqua piovana.

Soluzioni adattive

Il piano di adattamento di Padova mira a definire azioni preparatorie adattive ai fenomeni di isola di calore attraverso indicazioni progettuali, sia a scala urbana che edilizia, poste all'interno di strumenti urbanistici vigenti. Punto di partenza è il Protocollo Itaca che ha portato alla definizione di azioni che mirano a ridurre il flusso di calore immagazzinato nella struttura urbana, la radiazione incidente netta e il calore antropogenico. A tal fine vengono identificati specifici *target*, quali la limitazione dell'espansione urbana, il riuso di aree produttive dismesse e la rigenerazione del patrimonio esistente, con le possibili azioni di intervento, tra le quali:

- progettazione di corridoi verdi;
- interventi sulla geometria degli edifici;
- aumento dei valori di riflettanza ed emissività;
- progettazione di superfici verdi, come pareti verdi e/o tetti giardino;
- diminuzione della pavimentazione impermeabile.

L'obiettivo del Piano è rendere la città pronta alle alterazioni climatiche. Le prime azioni previste consistono nell'analisi delle vulnerabilità del territorio attraverso una struttura di coordinamento per l'individuazione delle criticità e la riduzione del rischio di disastri, basata anche sulla partecipazione dei gruppi di cittadini e su accordi con la società civile. Come per la problematica dell'isola di calore, anche con i fenomeni di ondate di calore il nemico principale è l'elevata temperatura che inonda le città. A tal fine le azioni di resilienza previste risultano simili, spesso coincidenti, con quelle previste per l'adattamento ai fenomeni di isola di calore, ovvero la progettazione di corridoi verdi e di zone umide per l'abbassamento della temperatura e la conservazione e preservazione delle aree verdi esistenti.

Il Piano d'azione permette, inoltre, di costruire l'inventario degli impatti potenziali per uno scenario temporale breve e medio-lungo, attraverso l'analisi delle aree a rischio idraulico, a deflusso difficoltoso, costiere a rischio erosione e a rischio isole di calore urbano.

Questo consente di individuare azioni di intervento sia di mitigazione, le quali mirano a mantenere più bassi possibili gli impatti del cambiamento climatico, che di adattamento, le quali, invece, mirano ad aumentare la sensitività e la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici.

Processi attuativi

Tutti i progetti inseriti nel Piano hanno come obiettivo quello di ridurre le emissioni di gas serra del territorio padovano, in modo da contrastare il cambiamento climatico riducendo le concentrazioni di CO_2 immesse in atmosfera. La modifica del clima però sta già avvenendo e comporterà impatti significativi legati all'aumento delle temperature e delle precipitazioni, alla riduzione delle risorse idriche e all'aumento degli eventi meteoclimatici estremi. Le misure di mitigazione dovranno pertanto essere accompagnate da misure di adattamento destinate a far fronte a questi impatti. L'adattamento dovrà riguardare sia i cambiamenti in corso sia i cambiamenti futuri che devono essere previsti. In Europa, infatti, la temperatura media è aumentata di quasi 1°C nel corso del secolo scorso, e ciò ha già

determinato un'alterazione dell'andamento delle precipitazioni: in alcune regioni le precipitazioni piovose e nevose sono aumentate, mentre in altre aree sono più frequenti gli episodi di siccità. Gli effetti del cambiamento climatico non influenzano soltanto l'ambiente ma hanno conseguenze anche sulla salute. L'aumento delle ondate di calore, l'escursione termica o il ritorno di alcune malattie da tempo debellate sono solo alcuni dei possibili effetti cui si sta andando incontro. Per questi motivi è importante che anche a livello locale ci si assuma l'impegno di rendere la città pronta alle alterazioni del clima, innanzitutto analizzando in modo più specifico le vulnerabilità del territorio e in seguito delineando una strategia per l'adattamento coerente alle azioni di mitigazione.

Alcuni settori economici che dipendono dalle condizioni climatiche risentiranno fortemente delle conseguenze dei cambiamenti climatici. A tal proposito si svilupperanno dei processi attuativi e delle politiche incentrate sul tema tenendo come riferimento i punti individuati dalla Campagna dell'ONU per le città resilienti.

1. Nell'ambito dell'amministrazione locale verrà istituita una struttura di coordinamento per individuare e ridurre il rischio di disastri, basata sulla partecipazione dei gruppi di cittadini e su alleanze con la società civile. Verrà assicurato che tutti i settori dell'amministrazione siano consapevoli del loro ruolo nella riduzione del rischio di disastri e preparati ad agire.
2. Verranno attivati dei progetti che ci consentano di ottenere dei finanziamenti



Fig. 5 - Processo metodologico / *Methodological process* (Source: Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico- Padova, 2016).

tigation, which aim to keep climate change impacts as low as possible, and adaptation, which aim to increase sensitivity and adaptive capacity to climate change.

Execution processes

All the projects included in the Plan have the goal to reduce greenhouse gas emissions in the territory of Padova, so as to combat climate change by reducing the concentrations of CO_2 emitted into the atmosphere. However, climate change is already taking place and will have significant impacts linked to the increase in temperature and precipitation, the reduction of water resources and the increase in extreme weather events. Mitigation measures will therefore need to be accompanied by adaptation measures to address these impacts. Adaptation will need to address both ongoing and future changes that need to be predicted. In Europe, in fact, the average temperature has increased by almost 1°C during the last century, and this has already led to an alteration of the rainfall trend: in some regions rainfall and snowfall have increased, while in other areas droughts are more frequent. The effects of climate change not only affect the environment, but also health. Increased heatwaves, temperature fluctuations or the return of some diseases that have long since been eradicated are just some of the possible effects. For these reasons, it is important that also at the local level a commitment is made to make the city ready for climate change, first of all by analysing more specifically the vulnerabilities of the territory and then outlining a strategy for coherent adaptation to mitigation actions.

Some economic sectors that depend on climate conditions will be strongly affected by the consequences of climate change. In this regard, implementation processes and policies will be developed that focus on adaptation to climate change, taking as a point of reference the points identified by the ONU Campaign for Resilient Cities and Towns.

1. *A coordination structure will be set up within the local administration to identify and reduce the risk of disasters, based on the participation of citizens' groups and alliances with civil society. It will ensure that all sectors of the administration will be aware of their role in disaster risk reduction and will be prepared to act.*
2. *Projects will be activated that will allow us to obtain funding to carry out in-depth studies on the impacts of climate change on the territory.*
3. *Support will be given to the construction of the waterway for the river connection between Padova and Venice for the transport and sorting of goods as a work of great importance for both mitigation and adaptation.*
4. *Collaborations will be activated with some local authorities*

(ARPA, University) to assess the major vulnerabilities of the territory.

5. *An updated system of data on local risks and vulnerabilities to be considered as a basis for plans and decisions on urban development of cities will be maintained. Efforts will be made to make this information and plans for the resilience of the city easily accessible to the public. Integration of climate change adaptation will be integrated as a key point to be taken into account in all municipal decision-making processes and planning documents.*
6. *Citizens will be informed and made aware of the risks of climate change and the need to anticipate adaptation policies.*

per realizzare degli studi approfonditi sugli impatti del cambiamento climatico sul territorio.

3. Si sosterrà la realizzazione dell'idrovia per il collegamento fluviale tra Padova e Venezia per il trasporto e lo smistamento delle merci quale opera di forte rilevanza sia per la mitigazione che per l'adattamento.
4. Verranno attivate delle collaborazioni con alcuni enti del territorio (ARPA, Università) per valutare le maggiori vulnerabilità del territorio.
5. Si manterrà un sistema aggiornato di dati sui rischi e le vulnerabilità locali da considerare come base nei piani e nelle decisioni sullo sviluppo urbanistico delle città. Si cercherà di rendere queste informazioni e i piani per la resilienza della città facilmente accessibili al pubblico. Verrà integrato l'adattamento ai cambiamenti climatici come punto chiave da tenere in considerazione in tutti i processi decisionali del Comune e nei documenti di pianificazione.
6. I cittadini saranno informati e resi consapevoli dei rischi derivanti dal cambiamento climatico e delle necessità di prevedere delle politiche di adattamento

References

Castellari, S., Venturini S. et al. (2014), *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, MATTM, Roma.

IPCC (2007), *Mitigation on Climate Change*. *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Lucarelli, M. T., D'Ambrosio, V. & Milardi, M. (2017), "Resilenza e adattamento dell'ambiente costruito", in Antonini, E. & Tucci, F. (eds), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano.

Magni, F. & Musco, F. (2014), "Governance locale per la mitigazione al cambiamento climatico: il Patto dei Sindaci", in Musco F. & Zanchini E. (eds), *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, FrancoAngeli, Milano.

Musco, F. (2008), "Cambiamenti Climatici, politiche di adattamento e mitigazione: una prospettiva urbana", *Archivio di studi urbani e regionali*, vol. 93, pp. 5-38.

Musco, F. & Fregolent, L. (2014), *Pianificazione urbanistica e clima urbano Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano,* Il Poligrafo, Padova.

Musco, F., Appiotti, F., Bianchi, I., Dalla Fontana, M., Gissi, E., Lucertini, G., Magni, F. & Maragno, D. (2015), "Planning and Climate Change: Concepts, approaches and design", in Musco, F. (ed), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*, vol. 1, Springer, Berlin.

Musco, F., Maragno, D., Magni, F., Innocenti, A. & Negretto, V. (2016), *Padova Resiliente. Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico*, Corila, Venezia.

Websites

http://www.planningclimatechange.org/en/projects

www.iuav.it/climatechange

Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi
The Clichy-Batignolles Integrated Regeneration Project in Paris

Valeria Cecafosso, *Sapienza Università di Roma*

Time of realization	*2002-2020*
Location	Paris, France
Climate zone	Cfb
Hazard	Climate change
Intervention scale	District
Level of governance	Municipality of Paris

Il quartiere "Clichy-Batignolles" si sviluppa su un'area di 54 ettari a nord-ovest della capitale francese con 42.302 abitanti (2016), nel *17° arrondissement*, tra la Defense e la Plaine Saint-Denis, attraversata da tre linee ferroviarie, dalla tangenziale e da numerosi viali e strade. L'urbanizzazione di Clichy-Batignolles ha avuto inizio a metà Ottocento per collegare le stazioni ferroviarie della città. Dagli anni'70 l'area ha visto un lento declino che si è protratto fino agli inizi degli anni 2000.

Il progetto di rigenerazione, lanciato nel 2002 dal Comune di Parigi, è oggi guidato da una società pubblica locale, la *Paris Batignolles Aménagement*, che ne controlla lo sviluppo. Un primo tentativo di recupero e riconversione dell'area è stato portato avanti dall'allora sindaco di Parigi, Bertrand Delanoë, con un progetto ambizioso in partnership con le società dei trasporti ferroviari proprietarie dei suoli, la SNCF (*Societé nationale des chemins des chemines français) e la RFF (Réseau Ferré de France*). Lavorando alla definizione del progetto, emerse la proposta di utilizzare il sito come sede del villaggio per gli atleti per la candidatura di Parigi alle Olimpiadi del 2012. La scelta di Londra come località dei giochi sportivi non arrestò la volontà di riqualificare questa porzione di città: l'eccellenza ambientale immaginata per la candidatura olimpica diventa l'opportunità per realizzare un quartiere dove gli obiettivi di riequilibrio climatico incontrano quelli di redistribuzione sociale.

Parole chiave
Climate responsive design, deep rennovation, green infrastructure, energy efficiency, biodiversity

Obiettivi
Gli obiettivi principali del progetto sono: la ricucitura urbana, la necessità di aree verdi, la varietà funzionale e la pluralità di tipologica, la mobilità sostenibile, il risparmio energetico, la biodiversità, l'acqua e il clima.

A partire dalle caratteristiche principali della zona (la disconnessione tra le aree separate dai binari dell'ex scalo ferroviario e l'alta densità abitativa accompagnata dalla ridotta disponibilità di aree verdi), il progetto propone un grande parco come

The "Clichy-Batignolles" district is spread over an area of 54 ha northwest of Paris with 42,302 inhabitants (2016), in the 17th arrondissement, between Defense and Plaine Saint-Denis, crossed by three railway lines, the ring road and numerous avenues and roads. The urbanization of Clichy-Batignolles began in the mid-nineteenth century to connect city's railway stations. Since 1970s, the area has seen a slow decline that continued until the early 2000s. The regeneration project, launched in 2002 by Municipality of Paris, is now led by a local public company, Paris Batignolles Aménagement, which supervise its development. An initial attempt to re-establishment and reconvert the area was carried out by Paris Mayor, Bertrand Delanoë, with an ambitious project in partnership with the land-owning railway companies, SNCF and the RFF. Working on the project definition, it emerged the proposal to use the site as athletes village for 2012 Olympics Paris candidacy. The choice of London as site for sports games did not stop the desire to follow the city part redevelop: the environmental excellence imagined becomes the opportunity to create a district where the goals of climate rebalancing meet social redistribution.

Keywords
Climate responsive design, deep rennovation, green infrastructure, energy efficiency, biodiversity

Goals
The main project objectives are: urban mending, green areas, functional mix and typological plurality, sustainable mobility, energy saving, biodiversity, water and climate.

Starting from the main area features (the disconnection between the areas separated from the ex railway station and

the high density of housing with reduced green areas availability), the project proposes a large park as an mending element between heterogeneous neighborhoods with extremely different socio-economic conditions. Around it 27 lots draw a built edge permeable to green but dense, tall and varied. The project aims to convert the area through social and generational mix criteria, combined with differentiation of uses and environmental sustainability criteria, through solar and geothermal energy. The private use of car is discouraging promoting sustainable mobility through bicycles use, public transport or walking.

Adaptation strategies and actions

Martin Luther King park is the urbane regeneration heart, which develops around a canal and a pond (biotope) where rainwater flows. The recovered water allows to satisfy 50% of water needs. The park is part of a system - an urban green

elemento di ricucitura tra i vari quartieri con condizioni socio-economiche estremamente diverse. Intorno ad esso 27 lotti disegnano un bordo edificato permeabile al verde ma denso, alto e vario.

Il progetto intende riconvertire l'area attraverso criteri di *mix* sociale e generazionale, associato alla differenziazione degli usi e a criteri di sostenibilità ambientale, tramite energia solare e geotermica.

La disincentivazione dell'uso dell'auto privata è uno degli obiettivi di questo progetto che pertanto promuove spostamenti sostenibili attraverso l'utilizzo della bicicletta, dei mezzi pubblici o attraverso passeggiate a piedi.

Strategie e azioni di adattamento

Il cuore dell'intervento di rigenerazione urbana è il parco Martin Luther King, che si sviluppa intorno ad un fosso bagnato e ad un laghetto (biotopo) in cui confluiscono le acque piovane. L'acqua recuperata garantisce il 50% del fabbisogno idrico. Il parco è parte di un sistema - un'infrastruttura verde urbana – fatto di spazi e connessioni verdi, continui e contigui, che favorisce la mitigazione climatica, il



Fig. 1 - Planimetria e vista del parco Martin Luther King / *Masterplan and view of Martin Luther King park* (Paris Batignolles Aménagement, 2015).

mantenimento della biodiversità ed esercita un'azione di contrasto al fenomeno dell'isola di calore. Accanto al vasto parco di 10 ha saranno presenti inoltre 6.500 mq. di spazi verdi privati collocati nei blocchi degli edifici e 16.000 mq di tetti verdi volti ad aumentare gradualmente la quantità di flora nell'area. La progettazione di tali spazi fornisce le condizioni necessarie per l'habitat di molte specie: grandi alberi, arbusti, erbacee, rovi. Il parco insieme alla grande varietà paesaggistica offre un'offerta molto generosa di attrezzature e/o luoghi per praticare sport urbani.

L'eco distretto presenta una vasta gamma di funzioni urbane tra cui uffici, strutture amministrative e ricreative, la maggior parte delle quali sono localizzate nei piani terra degli edifici residenziali. Si realizza in questo modo una città densa e multifunzionale organizzata attorno agli spazi pubblici.

Il Martin Luther King Park e il nuovo tribunale di Parigi, progettato da Renzo Piano, costituiscono una nuova grande centralità della città. Il tribunale, che raggrupperà i servizi giudiziari sparsi nella città, è un elegante e imponente edificio che assicura un nuovo fascino alla *skyline* parigino.

Le aree comuni stimolano l'integrazione fra classi sociali differenti - fondamentale obiettivo del progetto - destinando il 50% degli alloggi a classi sociali sensibili come studenti, giovani lavoratori, anziani e disabili. L'edilizia pubblica è incorporata nei blocchi di edifici a uso misto con numerose varianti tipologiche sparse in tutto l'eco-distretto senza nessuna distinzione per posizione o qualità. L'architettura di Clichy-Batignolles riflette la pluralità culturale ed estetica del tempo, le sue costruzioni hanno requisiti ambientali molto elevati e le innovazioni sono ricercate ovunque per soddisfare le aspirazioni dei residenti e l'evoluzione degli stili di vita.

Tra i diversi nuclei residenziali, l'edificio Cardinet-Quintessence, realizzato dallo studio Périphériques Architects, comprende 97 abitazioni private e 20 appartamenti di *social housing*. Essi sono stati costruiti su un'area di 6.115 mq. Il progetto è stato completato nel 2012 e risulta uno dei più interessanti dell'intero quartiere. L'essenza di questo progetto è rappresentato da un edificio ecocompatibile a emissioni zero con un design innovativo a forma di corona e con pannelli fotovoltaici integrati che producono 120 MW all'anno. Tale design è un buon modo per mantenere compatto l'edificio connotandolo esteticamente. Questa originale struttura riduce la perdita di calore, fa entrare la luce naturale negli appartamenti e crea effetti sul tetto sfaccettato che brilla alla luce del sole. L'edificio a forma di anello racchiude internamente un vasto e luminoso cortile che consente a tutti gli appartamenti una doppia esposizione.

Le facciate asimmetriche conferiscono al progetto un dinamico sollevamento verticale che non ostacola la vista degli edifici circostanti e consente di migliorare il rendimento del sistema di pannelli solari integrato nel tetto. Il progetto fa entrare il parco nel cuore del blocco creando un importante legame tra spazio urbanizzato e naturale. Le facciate sono leggere e spesse allo stesso tempo e riducono i ponti termici attraverso un importante strato isolante. All'esterno una protezione metallica strutturata "copre" l'involucro, mentre la facciata del cortile è coperta da una pelle riflettente prismatica in fogli di alluminio.

Clichy-Batignolles gode già di buona accessibilità per la presenza di strade ferrate e metropolitana e per la vicinanza ad importanti assi stradali, tuttavia le infrastrutture per la mobilità verranno ulteriormente incrementate attraverso il prolungamento del tram T3 e l'estensione della linea 14 della metropolitana. All'interno

infrastructure - made up of green space and connection, continuous and contiguous, which promotes climate mitigation, the maintenance of biodiversity and exerts an action to combat the heat island phenomenon. Alongside the vast park of 10 ha will also be site 6,500 square meters of private green spaces placed around building blocks and 16,000 square meters of green roofs aimed to gradually increasing the amount of flora in the area. The design of this spaces provides the necessary habitat conditions for many species: large trees, shrubs, herbaceous, brambles. The park, along with wide landscapes variety, offers a big offer of equipment and/or places to play urban sports.

The eco district has a wide range of urban functions including offices, administrative and recreational facilities, most of them are located at the ground floors of residential buildings. In this way, a dense and multifunctional city organized around public spaces is built.

The Martin Luther King Park and the new Paris courthouse, designed by Renzo Piano, constitute a new great centrality of the city. The courthouse, which will group the judicial services scattered throughout the city, is an elegant and imposing building that ensures a new charm to the Parisian skyline.

The common areas encourage integration between different social classes - the project's key objective - by allocating 50% of housing to sensitive social classes such as students, young workers, the elderly and the disabled. Public housing is incorporated into building blocks at mixed-use with various typology spread in all eco-district without any distinction by location or quality. The Clichy-Batignolles architecture show the cultural and aesthetic plurality, its buildings have very high environmental requirements and the innovations are investigate everywhere to satisfy the inhabitant aspirations and the lifestyles evolution.

Among the different residential units, the Cardinet-Quintessence building, built by Périphériques Architects, comprises 97 private house and 20 social housing apartments. They were built on an area of 6,115 square meters. The project was completed in 2012 and is one of the most interesting in the entire district. The spirit of this project is perform a zero-emission eco-friendly building with an innovative crown-shaped design and integrated photovoltaic panels that produce 120 MW per year. This design is a good way to keep the building compact by connoting it aesthetically. This original structure reduces heat loss, brings natural light into the apartments and creates effects on the faceted roof that shines in sunlight. The ring-shaped building internally encloses a vast and bright courtyard that allows all apartments a double exposure.

The asymmetric facades give the project a dynamic vertical lift that does not hinder the view of the surrounding buildings

and improves energy performance solar panel integrated into the roof. The project brings the park into the heart of the block, creating an important link between urbanized and natural space. The facades are light and thick at the same time and reduce thermal bridges through a thick insulating layer. Outside, a structured metal protection "covers" facades, while the courtyard building facades is covered with a reflective prismatic skin in aluminum.

Clichy-Batignolles already enjoys good accessibility due to the presence of railway and metro roads and proximity to important road. In any case, the mobility infrastructure will be further increased through the extension of the T3 tram and the extension of the Metro line 14. Within the neighborhood the use of private cars is discouraged: parking areas are reserved for temporary stops, the use of bicycles is instead encourage and in buildings 2.25% of the total area will be reserved for their storage: five new bike rental stations will be created. The main roads are equipped with bike paths and wide sidewalks and the park has cross-pedestrian paths that allow to reach areas even far apart.

Adaptive solutions

According with Paris Climate Plan, Clichy-Batignolles buildings must meet low energy consumption. High-performance envelope, passive systems that optimize natural ventilation and light are used. From an energy point of view, renewable geothermal

del quartiere l'uso delle auto private è scoraggiato: le aree di parcheggio sono riservate per fermate temporanee, viene invece stimolato l'uso di biciclette e negli edifici il 2,25% della superficie totale sarà riservata a spazi per il loro deposito; saranno previste inoltre cinque nuove stazioni di noleggio bici. Le strade principali sono attrezzate di piste ciclabili e di marciapiedi ampi ed il parco ha percorsi pedonali trasversali che consentono di raggiungere aree anche distanti tra loro.

Soluzioni adattive

Conformemente al Piano climatico di Parigi, gli edifici di Clichy-Batignolles devono soddisfare consumi energetici particolarmente bassi. Sono utilizzati, quindi, involucri ad alte prestazioni, sistemi passivi che ottimizzano la ventilazione naturale e la luce naturale. Dal punto di vista energetico è previsto l'impiego di energia rinnovabile geotermica per il riscaldamento e l'acqua sanitaria e il fotovoltaico per l'illuminazione, oltre a sistemi impiantistici con recupero di calore. Tutti gli edifici di Clichy-Batignolles saranno collegati ad un sistema di riscaldamento alimentato da energia geotermica. Questa è ottenuta dalla falda acquifera Albian che rappresenta un'importante riserva idrica dell'Île-de-France risalente a circa 100 milioni di anni fa. Essa si estende ad una profondità media di 600 m ed ha una portata di 700 miliardi di mc e si trova ad una temperatura di 28°C. L'acqua della falda, incanalata in scambiatori di calore a piastre coibentate termicamente, trasmette il suo calore, attraverso un sistema di pompaggio, a una rete urbana che distribuisce energia ai vari edifici e quindi ai tubi di riscaldamento e raffreddamento raggiungendo le temperature di 45° e 65°. L'acqua viene poi restituita alla falda ad una temperatura di 10°C per la ricarica in calore.

Le prestazioni termiche degli edifici ridurranno il consumo richiesto per il riscaldamento a 15 kWh per m^2. l'anno (equivalente al Passiv Haus) e il consumo

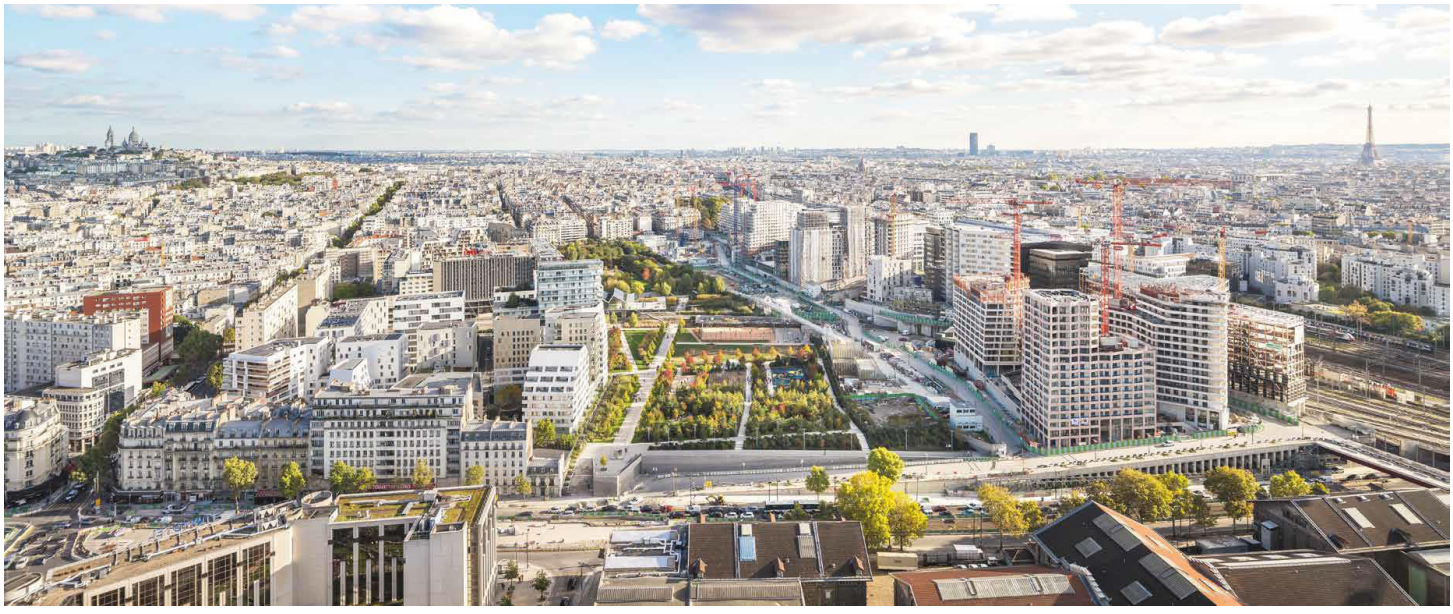


Fig. 2 - Foto aerea Clichy Batignolles / *Aerial photo Clichy Batignolles* (Paris Batignolles Aménagement, 2015).

complessivo di energia primaria sarà inferiore a 50 kWh per mq/anno che è inferiore alle normative termiche in vigore a Parigi (RT 2012: circa 70 kWh / m^2 / anno per l'edilizia abitativa).

Molto interessante è inoltre lo sfruttamento della radiazione solare. Pannelli fotovoltaici sono istallati ovunque possano produrre l'elettricità: sono pertanto localizzati nei tetti più esposti al sole ma non è raro trovarli anche in alcune facciate. L'impianto fotovoltaico occupa una superficie di 35.000 mq e produce circa 3.500 MWh/anno. La corrente elettrica che non viene impiegata è mandata nella rete generale. I pannelli fotovoltaici producono il 40% del consumo di elettricità degli edifici di Clichy-Batignolles.

Il progetto Clichy-Batignolles mira a ridurre la quantità di acqua piovana scaricata nella rete fognaria al fine di minimizzare il rischio di saturazione della rete e l'inquinamento della Senna. La presenza di un grande parco, la piccola superficie delle strade, l'inverdimento dei tetti favoriscono l'infiltrazione delle acque nel terreno. L'acqua recuperata viene utilizzata principalmente per irrigare gli spazi verdi (contribuendo per il 40%) oppure, nel caso dei tetti verdi, alla creazione di un microclima più fresco promuovendo il rilascio di vapore acqueo nell'atmosfera.

Le strade impermeabili costituiscono solo il 12% della superficie totale dell'eco-distretto; ciò favorisce l'infiltrazione delle acque piovane nella falda freatica: l'eccedenza viene recuperata in un fosso e quindi conservata in appositi serbatoi, alimentando un bacino biotopo. Le piante acquatiche filtranti presenti in questo bacino depurano naturalmente l'acqua.

Un importante servizio a disposizione degli inquilini di questo distretto riguarda la raccolta automatizzata dei rifiuti mediante una rete pneumatica sotterranea (ad eccezione del vetro e degli oggetti ingombranti). I rifiuti domestici saranno trasportati in un terminal di raccolta e ridistribuiti alle corrispondenti linee di trat-



Fig. 3 - Foto Clichy Batignolles in costruzione / *Clichy Batignolles under construction* (Paris Batignolles Aménagement, 2015).

energy is used for heating and sanitary water and photovoltaic for lighting as well as systems with heat recovery. All buildings in Clichy-Batignolles will be connected to a heating system powered by geothermal energy. This is obtained from the Albian aquifer, which is an important water reserve in the Île-de-France dating back about 100 million years. It extends to an average depth of 600 m, has a range of 700 billion mc and is located at a temperature of 28 °C. The aquifer water, channeled in heat exchangers with thermally insulated plates, transmits its heat, through a pumping system, to an urban network that distributes energy to the various buildings and then to the heating and cooling pipes reaching temperatures of 45 °C and 65 °C. The water is then returned to the aquifer at a temperature of 10 °C for heating.

The building thermal performance will reduce heating consumption to 15 kWh/m^2 /year (equivalent to the Passiv Haus) and the total primary energy consumption will be less than 50 kWh per sqm/year which is lower than the thermal regulations in Paris (RT 2012: about 70 kWh/m^2 /year for housing).

The exploitation of solar radiation is also very interesting. Photovoltaic panels are installed wherever they can produce electricity: they are therefore located in the roofs most exposed to the sun but it is not uncommon to find even in some facades. The photovoltaic system occupies an area of 35,000 sqm and produces about 3,500 MWh/year. The electricity that is not used is sent to the general grid. Photovoltaic panels produce 40% of the electricity consumption of Clichy-Batignolles buildings.

The Clichy-Batignolles project aims to reduce the amount of rainwater discharged into the sewerage system in order to minimize the risk of network saturation and pollution of the Seine. The presence of a large park, the small surface of the roads, the greening of the roofs favor the infiltration of the waters into the ground. The recovered water is mainly used to irrigate green spaces (contributing 40%) or, in the case of green roofs, creating a cooler microclimate by promoting the release of water vapor into the atmosphere. Waterproof roads make up only 12% of the eco-district's total area; This promotes the infiltration of rainwater into the groundwater: the surplus is recovered in a ditch and then stored in special weeds, feeding a biotope basin. The filtering aquatic plants in this basin naturally purify the water.

An important service available to tenants in this district is the automated waste collection through an underground pneumatic network (except for glass and bulky objects). Household waste will be transported to a collection terminal and redistributed to the corresponding treatment and recycling lines. This solution eliminates the waste trucks movement, waste containers (always considered low aesthetic) and significantly redu-

ces pollution. Traffic is lighter, with a positive impact on noise, air quality and greenhouse gas emissions. All residential buildings and public facilities are connected to this network.

Implementation processes

The Paris Batignolles Aménagement through a competition procedure has identified 20 different real estate developers and a large number of architects. International studios such as Lan Architects, Périphérique, Aires Mateus, Christian Biecher/Mad, TVK/Tolila and Gilliland, as well as Renzo Piano, work.

The Plan was developed as Zone d'aménagement concerté, a legal and urban tool aimed at facilitating dialogue between public authorities and private developers, ensuring greater public control over urban development and continue to play a leading role on Paris transformations. The urban plan followed participation logic.

Clichy-Batignolles was intended to make a sustainable urban development model, a place of life, work and recreation for its 6,500 inhabitants and the 12,700 people who work there, and it is estimated that there will be 5,000 regular or occasional visitors to the park, shops and leisure facilities every day. The redevelopment project for the area will be completed by 2020.

The project was classified as an eco-district and the use of sustainable systems has allowed the neighborhood to gain several awards: at the 18th European Conference on Energy Transition in Bordeaux, ADEME awarded the Clichy-Batignolles district project for adaptation to climate change; in addition, this project was the winner of the EDF's "Innovative Urban Actions" call.

tamento e riciclaggio. Questa soluzione elimina la circolazione di camion per la rimozione degli scarti, dei contenitori dei rifiuti (sempre ritenuti di basso livello estetico) e riduce significativamente l'inquinamento. Il traffico è più leggero, con un impatto positivo sul rumore, sulla qualità dell'aria e sulle emissioni di gas serra. Tutti gli edifici residenziali e le strutture pubbliche sono collegati a questa rete.

Processi attuativi

La Paris Batignolles Aménagement attraverso una procedura concorsuale ha individuato 20 diversi promotori immobiliari e un grande numero di architetti. Lavorano così studi internazionali come Lan Architects, Périphérique, Aires Mateus, Christian Biecher/Mad, TVK/Tolila + Gilliland, oltre che Renzo Piano.

Il Piano è stato sviluppato come *Zone d'aménagement concerté* (ZAC), uno strumento giuridico e urbanistico volto a facilitare il dialogo fra autorità pubbliche e sviluppatori privati, assicurando un maggiore controllo del pubblico sullo sviluppo urbano e continuano ad avere un ruolo di primo piano nelle trasformazioni di Parigi. Il piano urbanistico ha seguito logiche di partecipazione.

Si è voluto fare di Clichy-Batignolles un modello di sviluppo urbano sostenibile, un luogo di vita, di lavoro e di svago per i suoi 6.500 abitanti e le 12.700 persone che vi lavorano; inoltre si stima ci saranno ogni giorno 5.000 visitatori regolari o occasionali nel parco, negozi e strutture per il tempo libero. Il progetto di riqualificazione dell'area è in fase di ultimazione e verrà concluso entro il 2020; ciò consente di vedere concretizzati gli obiettivi prefissati.

Il progetto è stato classificato come eco-distretto e l'impiego di sistemi sostenibili ha permesso al quartiere di ottenere diversi riconoscimenti: in occasione della XVIII Conferenza europea sulla transizione energetica a Bordeaux, ADEME ha premiato il progetto del quartiere Clichy-Batignolles per l'adattamento ai cambiamenti climatici; inoltre, questo progetto è risultato vincitore al bando "Azioni urbane innovative" del FESR.

References

Paris Batignolles Aménagement (2015), "Clichy Batignolles. The eco-neighbourhood, a reference for sustainable urban development in Paris", available at: https://archive-clichy-batignolles.parisetmetropole-amenagement.fr/sites/default/files/exe_web_cb_dossierpresse-en_2.pdf.

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnolgica Ambientale. Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*. Altralinea, Firenze, pp. 302-309.

Websites

http://www.clichy-batignolles.fr

http://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/paris

https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/il-quartiere-ecologico-di-parigi-mette-pratica-la_it

Euromediterranée-Smartseille Recovery

Gaia Turchetti, *Sapienza Università di Roma*

Time of realization	Phase I 1995-2007; Phase II 2007-2030
Location	Marseille, France
Climate zone (sensu Koppen)	Csa
Hazard	Urban Heat Island
Intervention scale	District
Level of governance	Public/private

Nel XIX secolo Marsiglia si presentava come una delle più importanti città portuali del Mediterraneo. Un nuovo porto, nuove infrastrutture ferroviarie determinarono una forte espansione edilizia, incontrollata e di bassa qualità, nella zona nord della città, creando forti squilibri con la parte storica a sud, ricca e benestante. Nel secolo successivo al crescente divario economico e sociale si aggiunse, soprattutto a causa dell'aumento della concorrenza internazionale, il tracollo dell'industria portuale, fino a quel momento trainante, che segnò una decrescita demografica e l'acuirsi dei forti squilibri interni tradotti in un significativo degrado urbano. Un primo cambio di tendenza si avrà tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90 con il progetto di riqualificazione dell'area portuale "*La Grande Joliette*" promosso inizialmente a livello locale, ma che si trasformerà nel 1995 in un'*Opération d'Intérêt National* (OIN) con il nome di *Euromediterranée*. La OIN è sin dall'inizio caratterizzata da un partenariato a più livelli e gestita da un organismo di coordinamento, l'EPAEM (*Établissement Public D'amenagement Euroméditerranée*), appositamente costituito. Ulteriore spinta sarà poi la candidatura ed elezione, nel 2013, di Marsiglia come Capitale della Cultura, occasione che indirizzerà l'azione in maniera più stringente sul rinnovamento in chiave culturale.

Tre i livelli strategici dell'intervento di rigenerazione dell'ex distretto portuale: quello internazionale, che punta a riconquistare un ruolo competitivo della città nel Mediterraneo; quello nazionale, collegato alle politiche economiche e sociali su vasta scala; quello locale, incentrato sulla rigenerazione urbana. Lo slogan dell'operazione "*città sulla città*" identifica appieno gli obiettivi del progetto che riguardano essenzialmente due macro temi: da un lato risolvere la divisione tra nord e sud della città dal punto di vista sociale ed economico; dall'altro costruire una nuova immagine urbana che attragga nuova popolazione.

In questo contesto si inserisce *Smartseille,* uno dei quartieri pilota progettati nell'ambito della seconda fase di *Euromediterranée* e che si sviluppa nell'area nord della città.

Parole chiave
Eco-district; urban regeneration; smart city; green and blue infrastructure

In the 19th century Marseille was in its own right one of the most important port cities in the Mediterranean. A new port, new railway infrastructures, led to an uncontrolled and subpar strong building expansion in the north part of the city, creating strong imbalances with the historical part of the south, rich and wealthy. In the following century, to the growing economic and social divide was added, mainly due to increased international competition, the collapse of the port industry, up to that driving moment, which marked a demographic decrease and the exacerbation of the strong internal imbalances that resulted in a significant urban decay. A first change of trend will take place between the end of the 80's and the beginning of the 90's with the redevelopment project of the port area "La Grande Joliette" initially promoted at local level, but which will turn in 1995 into an Opération d'Intérêt National (OIN) under the name of Euromediterranée. Since the beginning, the OIN has been characterised by a multi-level partnership and managed by a coordinating body, EPAEM (Établissement Public D'amenagement Euroméditerranée), which was set up for this purpose. A further boost will be the candidacy and then the election, in 2013, of Marseille as Capital of Culture, an opportunity that will direct the action in a stricter way on renewal from a cultural point of view.

There are three strategic levels of the regeneration intervention of the former port district: the international one, which aims to regain a competitive role of the city in the Mediterranean; the national one, linked to economic and social policies on a large scale; the local one, focused on urban regeneration. The slogan of the operation "city on city" fully identifies the objectives of the project which essentially concern two macro themes: on the one hand to solve the division between north and south of the city from a social and economic point of view; on the other

hand to build a new urban image that attracts new population
This is the context of Smartseille, one of the pilot districts designed as part of the second phase of the Euromediterranée project, which is being developed in the north of the city.

Objectives

The Operation was developed in two phases, the first, from the nineties of the 20th century to the early 2000s (Euromediterranée I) on an area of 310 hectares, covered 5 areas: Zac Cité de la Méditerranée; Zac Joliette; Zac Belle de Mai; Zac Saint Charles; Rue de la République, the artery connecting Place de la Joliette to the old port.

The second phase (Euromediterranée II) began in 2007, with the definition of the masterplan entrusted to the architect and urban planner Francois Leclercq, and will cover until 2030 an area of 180 hectares north of the previous intervention, focusing more on sustainable urban expansion, with a forecast of 40,000 new inhabitants within the next 20 years, 4,200 social housing and small and large urban parks.

The project at urban level is characterised, therefore, to be a multi objective regeneration operation that aims primarily at multiculturality and social inclusion starting from a re-functionalisation of the urban space, the enhancement of cultural heritage, the redevelopment of buildings and the construction of new settlements, up to interventions of cultural and economic revival, thanks also to incentives aimed both at important French and international companies, as well as small and medium enterprises and local businesses.

In the first phase, alongside the two main macro-objectives indicated, we have the following sub-objectives:

1. *the conversion of port facilities into tourist and recreational-cultural facilities;*
2. *the redevelopment of the Vieux Port;*
3. *the renovation of the urban blocks in the districts of Joliette, Arenc, St. Charles;*
4. *the redevelopment of 4,000 housing units and the urban fronts of the Rue de la Republique;*
5. *the construction of new housing in the existing fabric, with more than 30% social housing;*
6. *the creation of more than 45,000 jobs;*
7. *infrastructural interventions, such as the new TGV station at the Gare de St. Charles, the construction of tunnels for the interruption of significant parts of two motorway arteries that constituted an urban barrier (A55 Motorway of the Coastal, A7 Lyon-Marseille) and the revision of public and private mobility;*
8. *the cultural recovery of disused areas, including internal ones, such as La Belle de Mai, a new television-media and*

Obiettivi

L'Operazione si è sviluppata in due fasi, la prima, dagli anni novanta del XX secolo ai primi anni 2000 (*Euromediterranée I*) su un'area di 310 ettari, ha interessato 5 aree: *Zac Cité de la Méditerranée*; *Zac Joliette*; *Zac Belle de Mai*; *Zac Saint Charles*; *Rue de la Républic*, arteria di collegamento tra *Place de la Joliette* e il porto antico.

La seconda fase (*Euromediterranée II*) ha inizio nel 2007, con la definizione del *masterplan* affidato all'architetto e urbanista Francois Leclercq, e interesserà fino al 2030 un territorio di 180 ettari a nord del precedente intervento, focalizzandosi maggiormente sull'espansione urbana sostenibile, con una previsione di insediamento di 40.000 nuovi abitanti entro i prossimi 20 anni, 4.200 alloggi sociali e parchi urbani di piccola e grande estensione.

Il progetto a livello urbano si caratterizza, quindi, per essere un'operazione di rigenerazione multi obiettivo che punta principalmente alla multiculturalità e all'inclusione sociale partendo da una rifunzionalizzazione dello spazio urbano, la valorizzazione del patrimonio culturale, la riqualificazione edilizia e l'edificazione di nuovi insediamenti, fino ad interventi di rilancio culturale ed economico, grazie anche ad incentivi rivolti sia a importanti aziende francesi ed internazionali, sia a piccole e medie imprese e attività commerciali locali.

Nella prima fase ai due principali macro obiettivi indicati, si affiancano i seguenti sotto-obiettivi:

1. la riconversione delle strutture portuali in strutture turistiche e ludico-culturali;
2. la riqualificazione del *Vieux Port*;
3. il risanamento edilizio dei quartieri della *Joliette*, di *Arenc,* di *St.Charles*;

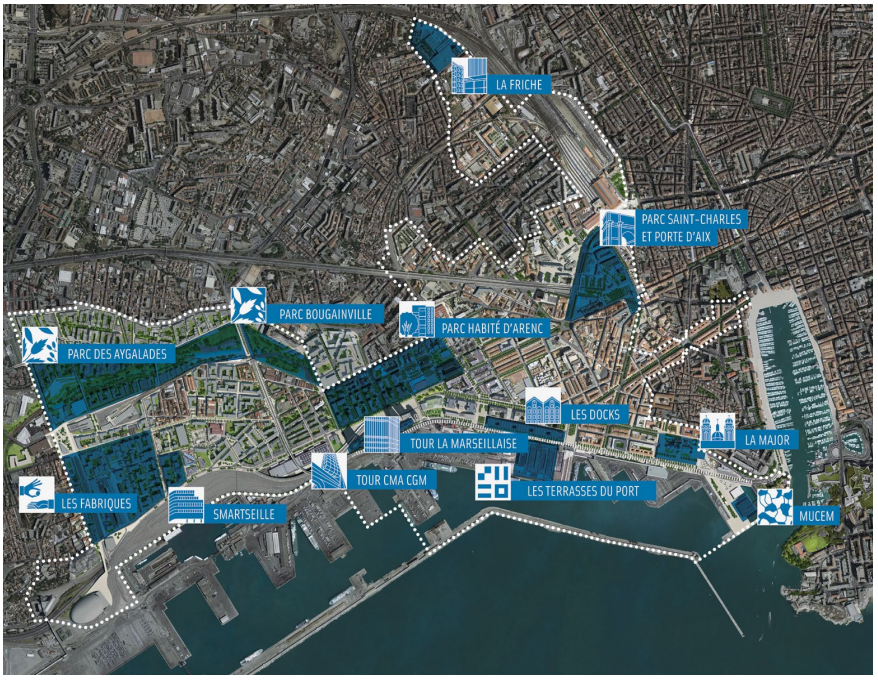


Fig. 1 - *Euroméditerranée*, prima e seconda fase / *Euroméditerranée, first and second phase.* (Source: euromediterranee.fr).

4. il recupero di 4.000 alloggi e dei fronti urbani della *Rue de la Republique*;
5. la realizzazione di nuovi alloggi nel tessuto esistente, con più del 30% di alloggi sociali;
6. la creazione di più di 45.000 posti di lavoro;
7. interventi infrastrutturali, come la nuova stazione TGV alla *Gare de St. Charles*, la costruzione di tunnel per l'interro di parti significative di due arterie autostradali che costituivano una barriera urbana (A55 Autostrada del Litorale, A7 Lione-Marsiglia) e la revisione della mobilità pubblica e privata;
8. il recupero in chiave culturale di aree dismesse anche interne, come *La Belle de Mai,* nuovo polo televisivo-media e teatrale;
9. la creazione del *Boulevard Littoral,* con percorsi pedonali, spazi per la collettività ed attività culturali e commerciali.

Nella seconda fase, ancora in parte in cantiere, particolare attenzione è invece rivolta a progetti pilota come *Smartseille,* un quartiere 'modello' di 2,7 ettari che andrà ad ospitare circa 450 unità abitative di cui 150 sociali e 3.000 mq tra negozi e servizi. Il progetto è il risultato di 7 anni di studi in collaborazione con il laboratorio di ricerca e sviluppo *Phosphore* di Eiffage - operatore europeo nel settore delle costruzioni e delle concessioni -, un consorzio di partner industriali privati (EDF, Orange, ...) e diverse startup. A questo si affiancherà il progetto *Les Fabriques* (14 ettari), secondo insediamento smart nella zona nord della città, ancora in cantiere. I nuovi eco-quartieri sono stati pensati come laboratori di *know-how* sullo sviluppo urbano sostenibile che puntano su un'architettura bioclimatica e su sistemi integrati ed intelligenti di energia, trasporto e servizi che rispondono al motto di "*modernité accessible*" (euromediterranee.fr), dove integrare strutture di formazione che preparino anche le nuove figure professionali necessarie al processo di rigenerazione.

Strategie e azioni di adattamento

Tre, in sintesi, le principali linee strategiche di adattamento adottate per l'intero intervento, che si dovranno confrontare con problematiche relative all'estensione ed ai tempi medio-lunghi del progetto:

- una progettazione sostenibile, dalla scala di quartiere a quella dell'edificio, che nasce anche dalla collaborazione con architetti internazionali di chiara fama, enti di ricerca e operatori privati del settore;
- *green and blue infrastructure* per la mitigazione dei fenomeni di *Urban Heat Island* (UHI);
- uso di tecnologie digitali per migliorare il comfort a basso costo, consentendo una gestione assistita e personalizzata su mobilità, gestione energetica, tempo libero e vita sociale.

Soluzioni adattive

Euromediterranée-Smartseille è tra i 31 territori che beneficiano del sostegno statale del programma "*Ville de Demain*" gestito da *Caisse des Dépôts*, ottenendo nel 2011 il label di Eco-Cité. Il nuovo quartiere è inserito nel programma *Haute Qualite de vie* (HQVie®) per il controllo dei processi di progettazione, costruzione e gestione di edifici residenziali o terziario al fine di migliorare la qualità della vita dal punto di vista della salute degli abitanti, della funzionalità di edifici e infrastrutture, della cultura e dell'ambiente, seguendo 5 principi: rispetto per il genius

theatrical centre;

9. *the creation of the Boulevard Littoral, with pedestrian walkways, spaces for the community and cultural and commercial activities;*

In the second phase, still partly in the pipeline, particular attention is paid to pilot projects such as Smartseille, a 'model' district of 2.7 hectares that will house about 450 residential units, 150 of which are social housing units and 3,000 square meters of shops and services. The project is the result of 7 years of studies in collaboration with the Phosphore research and development laboratory in Eiffage - a European operator in the construction and concessions sector -, a consortium of private industrial partners (EDF, Orange ...) and several startups. This will be complemented by the Les Fabriques project (14 hectares), the second smart settlement in the north of the city, still in the pipeline. The new eco-neighbourhoods have been designed to be laboratories of know-how on sustainable urban development that focus on bioclimatic architecture and integrated and intelligent systems of energy, transport and services that respond to the motto of "accessible modernity" (euromediterranee.fr), where to integrate training structures that also prepare the new professional figures necessary for the regeneration process.

Adaptation strategies and actions

Three, in summary, are the main strategic lines of adaptation adopted for the whole intervention, that will have to deal with problems relating to the extension and medium-long time of the project:

- *a sustainable design, from the neighborhood scale to that of the building, which is also the result of collaboration with renowned international architects, research bodies and private operators in the sector;*
- *green and blue infrastructures for the mitigation of Urban Heat Island (UHI) phenomena;*
- *use of digital technologies to improve comfort at low cost, allowing assisted and personalized management on mobility, energy management, leisure and social life.*

Adaptive solution

Euromediterranée-Smartseille is among the 31 territories benefiting from state support from the "Ville de Demain" programme managed by Caisse des Dépôts, obtaining the Eco-Cité label in 2011. The new district is included in the Haute Qualite de vie (HQVie®) programme for the control of the design, construction and management processes of residential or tertiary buildings in order to improve the quality of life from the point of view of the inhabitants' health, the functionality of buildin-

gs and infrastructure, culture and the environment, following 5 principles: respect for the genius loci; rational management of flows and mobility; intensification and evolution of uses; cohesion, health and well-being; risk prevention and resilience. (eiffage-phosphore.com)

For new buildings, the main bioclimatic design rules have been respected in order to minimise energy expenditure and guarantee thermal comfort, starting from a correct orientation of the buildings; careful design of the façades according to exposure; exploitation of natural ventilation in summer and protection strategies against prevailing winter winds; building envelopes that guarantee minimum energy losses (using thermal insulation with external insulation greater than the technical and regulatory requirements); materials with reduced environmental impact (low-carbon concrete, paints and glues with the VOC A+ eco-label, natural materials for insulation - rice straw and wood fibre - or recycled from the textile sector, etc....).

The implementation of renewable energy systems, thermal and photovoltaic solar panels, small-scale wind farms and systems using both geothermal and thalassothermal energy will be implemented in stages. There are two thalassothermal networks designed to serve different areas: the first, Thassalia, for the Docks buildings and several buildings in the business district, the second, Massiléo, added in October 2017 to serve the Smartseille eco-district.

The purpose of the energy system is to provide, with more than 3 km of network, heating and cooling for over 1,000,000 square meters between tertiary and residential by 2020, while reducing greenhouse gas emissions by 70%. (euromediterranee.fr)

*In addition, there are widespread greening operations, with green roofs and urban farms as well as shared gardens and the creation of urban parks. The first, Parc Bougainville, with an extension of 4 hectares south of Vallon des Aygalades and bordered by boulevard Lesseps and boulevard de Briançon, is due to be completed in 2023. This park will be an offshoot of the larger Parc des Aygalades (over 14 hectares) which will be completed in 2026 along the riverbed of the same name, in an area that can be flooded, and will become the green backbone of the EcoCity, the link between the centre and the north gate of Marseille. The ambition of these projects is to intervene on industrial areas to be reclaimed by creating quality green spaces also inside existing fabrics, helping to reduce the phenomenon of urban heat island. A study carried out in partnership between Météo France and EPAEM has simulated different scenarios (whether or not green areas are present) starting from 2003 heat wave data and comparing Euromed development with these alternative scenarios to quantify the climate effects induced by the urbanisation of the territory expected by 2030. (exploraloci; gestione razionale dei flussi e della mobilità; intensificazione ed evoluzione degli usi; coesione, salute e benessere; prevenzione dei rischi e resilienza. (eiffage-phosphore.com)

Per i nuovi edifici sono state rispettate le principali regole di progettazione bioclimatica per minimizzare il dispendio energetico e garantire il comfort termico, partendo da un corretto orientamento; una progettazione attenta delle facciate in base all'esposizione; lo sfruttamento della ventilazione naturale in estate e strategie di protezione dai venti prevalenti invernali; involucri edilizi che garantiscono minime perdite di energia (utilizzando un isolamento termico a capotto esterno maggiore rispetto ai requisiti tecnico-normativi); materiali ad impatti ambientali ridotti (calcestruzzo a basse emissioni di carbonio, vernici e colle con il marchio di qualità ecologica COV A+, materiali naturali per l'isolamento -paglia di riso e fibra di legno- o riciclati dal settore tessile, etc …).

È prevista l'implementazione per fasi di sistemi ad energia rinnovabile, pannelli solari termici e fotovoltaici, impianti eolici di piccola portata e sistemi che utilizzano sia energia geotermica sia talassotermica. Due sono le reti talassotermiche progettate a servizio di differenti aree: la prima, *Thassalia*, per gli edifici dei Docks e diversi edifici del quartiere degli affari, la seconda, *Massiléo,* aggiunta nell'ottobre 2017 a servizio dell'eco-quartiere Smartseille.

Lo scopo del sistema energetico è di fornire, con più di 3 Km di rete, riscaldamento e raffreddamento per oltre 1.000.000 mq tra terziario e residenziale entro il 2020, riducendo nel contempo le emissioni di gas serra del 70%. (euromediterranee.fr)

A ciò si aggiungono operazioni di greening diffuse, con tetti verdi e urban farm nonché giardini condivisi e la realizzazione di parchi urbani. Il primo, *Parc Bougainville*, con una estensione di 4 ha a sud di *Vallon des Aygalades* e delimitato



Fig. 2 - *Euroméditerranée II Marseille, Masterplan. Leclercq Associés.* (Source:www.francoisleclercq.fr).

da boulevard Lesseps e boulevard de Briançon, dovrà essere ultimato nel 2023. Questo parco costituirà una propaggine del più ampio *Parc des Aygalades* (oltre 14 ettari) che verrà ultimato nel 2026 lungo il letto dell'omonimo fiume, in area esondabile, diventando la dorsale verde dell'*EcoCity*, collegamento tra il centro e la porta nord di Marsiglia. L'ambizione di questi progetti è intervenire su aree industriali da bonificare creando spazi verdi di qualità anche interni ai tessuti esistenti, aiutando alla riduzione del fenomeno di isola di calore urbana. Uno studio condotto in partnership tra *Météo France* e EPAEM ha simulato diversi scenari (in presenza o meno delle aree verdi) partendo dai dati dell'ondata di calore del 2003 e confrontando lo sviluppo Euromed con questi scenari alternativi per quantificare gli effetti climatici indotti dall'urbanizzazione del territorio prevista entro il 2030. (explorateur.ecocites.logement.gouv.fr)

Euromediterranée mira anche allo sviluppo della mobilità dolce puntando a percorsi ciclo-pedonali, linee metropolitane e tramvie e implementando sistemi di mobilità condivisa.

Infine anche le tecnologie digitali sono integrate e contribuiranno all'obiettivo di sostenibilità sia dell'esistente che dei nuovi insediamenti grazie, ad esempio, a sensori intelligenti collegati allo *smartphone* per la gestione delle acque, del riscaldamento, dell'elettricità, per il controllo e l'ottimizzazione dei consumi; a servizi di *coaching* energetico che, analizzando il consumo, aiuteranno nel miglioramento delle abitudini giornaliere degli utenti; a rete di sensori per la regolazione del flusso delle acque meteoriche urbane. Queste sono tutte idee promosse da Euroméditerranée in collaborazione con la *Cité des Entrepreneurs* nell'ambito del premio annuale *Med'Innovant*, una competizione volta a sostenere progetti di innovazione sostenibile nelle aree urbane. Un accordo di ricerca tra EPAEM e CSTB, inoltre, è stato firmato con l'obiettivo di progettare e stabilire le procedure per l'implementazione di un modello BIM/CIM (*Building Information Modeling /City Information Modeling*) utili per la progettazione e gestione della nuova espansione urbana. (www.euromediterranee.fr)

Processi attuativi

La prima proposta di riqualificazione delle aree portuali risale al 1987, promossa dalla Camera di Commercio e Industria di Marsiglia. Importanti gli investimenti della società immobiliare *Sari* sull'area dei Docks. Nel 1992 viene redatto lo *Schéma de cohéerence à l'horizon 2015* a cura dell'AGAM (*Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Marseillaise)* e l'anno successivo istituito un comitato inter-ministeriale per la definizione dei progetti preliminari e firmato un accordo tra autorità locali, regionali e statali, procedendo all'istituzione di un apposito Consiglio di Amministrazione presieduto da Guy Teissier composto da:

- Stato (a copertura finanziaria del progetto per il 50%),
- Municipalità di Marsiglia (25%)
- Consiglio regionale *Provence-Alpes- Côte d'Azur* (10%),
- Il Distretto *Bouches-du-Rhône* (10%)
- La comunità dei comuni *Marseille Provence Métropole* (5%).

La gestione operativa del progetto, divenuto OIN, è affidata all'Agenzia pubblica di sviluppo EPAEM, istituita nel 1995. Il modello scelto è quindi un partenariato a più livelli per la gestione di fondi pubblici, con il coordinamento unitario da parte di un ente preposto e sulla base di un *masterplan* condiviso. Tali fondi sono

teur.ecocites.logement.gouv.fr)

Euromediterranée also aims at the development of soft mobility by focusing on cycle-pedestrian routes, metro lines and tramways and by implementing shared mobility systems.

Finally, digital technologies are also integrated and will contribute to the sustainability objective of both existing and new settlements thanks, for example, to intelligent sensors connected to smartphones for water management, heating, electricity, control and optimization of consumption; energy coaching services that, by analysing consumption, will help to improve the daily habits of users; a network of sensors for the regulation of urban rainwater flow. These are all ideas promoted by Euroméditerranée in collaboration with the Cité des Entrepreneurs as part of the annual Med'Innovant award, a competition that promotes and accelerates creators of sustainable innovation projects in urban areas.

A research agreement between EPAEM and CSTB was also signed with the aim of designing and establishing procedures for the implementation of a BIM/CIM (Building Information Modeling /City Information Modeling) model useful for the design and management of the new urban expansion. (www.euromediterranee.fr)

Implementation processes

The first proposal for the redevelopment of port areas dates back to 1987, promoted by the Marseille Chamber of Commerce and Industry. Important investments of the real estate company "Sari" on the Docks area. In 1992 the Schéma de cohéerence à l'horizon 2015 was drawn up by AGAM (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Marseillaise - Public Planning Agency) and the following year an inter-ministerial committee was set up for the definition of preliminary projects and an agreement was signed between local, regional and state authorities, proceeding with the establishment of a special Board of Directors chaired by Guy Teissier composed of:

- *State (50% financial coverage of the project).*
- *Municipality of Marseille (25%).*
- *Provence-Alpes-Côte d'Azur Regional Council (10%).*
- *The Bouches-du-Rhône District (10%).*
- *The community of municipalities Marseille Provence Métropole (5%).*

The operational management of the project, which has become OIN, is entrusted to the public development agency EPAEM, set up in 1995. The model chosen is therefore a multi-level partnership for the management of public funds, with unitary coordination by a designated body and on the basis of a shared masterplan. These funds are used to carry out the studies, purchase the land and start work, i.e. to initiate the transformations and adjustments needed to attract private investment. The

EU also provides financial support to specific projects through the Structural Funds (ERDF Fund). In total, up to 2018, €6.7 billion has been invested in the Euroméditerranée intervention, of which €1.2 billion from public funds, and approximately €7 billion from additional public and private investment, bringing the total amount invested to almost 14 billion. The private sector is given the possibility to intervene with free market initiatives, OPAH (Opération programmée d'amélioration de l'habitat) or through public-private partnerships. On the basis of an analysis of the data collected up to 2018, Euromediterranée has been able to count on about 70% of the investment from public sources, with 30% of the private sector, while in Euroméditeranée the figures have been reversed.

utilizzati per effettuare gli studi, acquistare il terreno e iniziare i lavori, ovvero per avviare le trasformazioni e gli adeguamenti necessari per attrarre investimenti privati. L'UE fornisce inoltre sostegno finanziario a progetti specifici attraverso fondi strutturali (Fondo FESR). In totale, fino al 2018, nell'ambito di intervento *Euroméditerranée* sono stati investiti 6,7 miliardi di euro, di cui 1,2 miliardi di euro da fondi pubblici, e circa 7 miliardi di euro di investimenti pubblici e privati aggiuntivi, portando così a quasi 14 i miliardi investiti. Al privato è data possibilità di intervenire con iniziative di libero mercato, OPAH (*Opération programmée d'amélioration de l'habitat*) o attraverso partenariato pubblico-privato. In base ad un'analisi dei dati raccolti fino al 2018, *Euromediterranée* ha potuto contare su circa il 70% dell'investimento di provenienza pubblica, con un 30% dei privati, mentre in *Euroméditeranée* le cifre si sono ribaltate.



Fig. 3 - Smartseille, immagini di progetto e di cantiere, giugno 2019 / *Smartseille, render and construction site image, June 2019* (Sources: www.eiffageconstruction.com; euromediterranee.fr).

References

AA.VV. (2014), "Marsiglia", *Industria delle Costruzioni*, n. 437, pp.4-94.

Bergli, H. (2010), "Euroméditerranée: in corsa per la modernità", *Urbanistica Informazioni*, n.233-234, pp. 69-72.

Bertoncello, B., Dubois, J. (2010), *Marseille Euromédderanée. Accélérateur de Métropole*, Parenthèses, Marseille.

Boselli, S., Sampaolo, S. & Soda, G. (2003), *Crisi urbana e politiche di piano: Amsterdam, New York, Marsiglia*, FrancoAngeli, Milano.

Buslacchi, M. E. (2013), "A Marseille il n'y a pas de banlieues: un nuovo centro tra nord e sud", *Cambio: rivista sulle trasformazioni sociali*, vol. 6, n.2, pp. 55-70.

De Vita, E., Ragozini, G. (2015), "Città inclusive e Genius loci: le esperienze di New York, Marsiglia e Belfast", in Calabrò, M., Ferrara, L. & Vogtt, M. T. (eds) *Biopolitica dell'immigrazione*, Peter Lang, Frankfurt.

Eiffage (2017), "Smartseille, L'écoquartier du futur à vivre au présent. Dossier de presse", available at: https://www.eiffage.com/files/live/sites/eiffage-v2/files/Médiatheque/Documents/plaquette_smartseille.pdf (accessed 1 September 2019).

Euroméditerranée (2018), "L'écocité d'euroméditerranée. Une ville tournée vers les usages et l'innovation durable", available at: http://euromediterranee.fr/sites/default/files/2018-07/DP_ECOCITE_EUROMEDITERRANEE.pdf (accessed 1 September 2019).

Euroméditerranée (2019), "Investir à Marseille", available at: https://euromediterranee.fr/sites/default/files/2019-04/PLAQUETTE%20-%20EUROMED%20MIPIM%202019%20basse%20def%20v3.pdf (accessed 1 September 2019).

Euroméditerranée (2019), "Approche Stratégique 2030. Parce que la vie fait la ville", available at: https://euromediterranee.fr/sites/default/files/2019-03/Approche%20strategique%20sans%20AV%20WEB%2072%20planche.pdf (accessed 1 September 2019).

Interreg Europe (2017), "Promotion of near zero CO_2 emission buildings due to energy use. Action plan. Agency for sustainable Mediterranean cities and territories", available at: https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1535538350.pdf (accessed 1 September 2019).

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnolgica Ambientale. Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*. Altralinea, Firenze, pp. 428-435.

Ginko: un eco-quartiere sul lago di Bordeaux
Ginko: an Eco-neighborhood on the Lake Bordeaux

Valeria Cecafosso, *Sapienza Università di Roma*

Time of realization	2006-2017
Location	Bordeaux, France
Climate zone	Cfb
Hazard	Climatic change
Intervention scale	District
Level of governance	Bouyghes Immobilier

Gynko è un nuovo quartiere *green* alla periferia nord di Bordeaux, in Francia. Prende il nome dall'albero gynko biloba di cui vuole rappresentare le caratteristiche di resistenza e durevolezza. L'area scelta si sviluppa su 23 ettari ed è particolarmente suggestiva perché si trova in prossimità del lago artificiale di 160 ettari costruito nel 1969 su una grande palude alluvionale di proprietà della Comunità urbana.

Il nuovo agglomerato si colloca sulla sponda destra del lago ed è fortemente caratterizzato da tre canali. Un elemento distintivo di Bordeaux è che da un qualsiasi punto della città la vista del paesaggio e del cielo non è ostacolata dalla volumetria degli edifici; il nuovo progetto urbano preserva questa specificità salvaguardando il tradizionale *skyline*.

Il progetto si è avvalso dello ZAC (*Zone d'aménagement concerté*) che è uno strumento per le politiche di sviluppo urbano. La Comunità urbana di Bordeaux ha elaborato il quadro generale di coerenza e definito le condizioni di realizzazione affidando lo sviluppo ad una società privata, la Bouyghes Immobilier, che ha proposto il progetto urbano e curato la fattibilità economica. Un ruolo importante è stato svolto anche da Aquitanis e Mesolia Habitat che si sono occupate della costruzione e dell'assegnazione delle case a persone con disabilità e degli affitti sociali. Il coordinamento delle opere è stato curato dallo Studio di architettura Brochet Lajus Pueyo (architetti); da Agence Devillers & associés (architetti - urbanisti);e da Agence Signes Ouest (paesaggisti). Hanno preso parte al progetto più di 20 agenzie di architettura locali, nazionali e internazionali. Il progetto ha avuto inizio nel 2006 e si è concluso nel 2017.

Si fa notare che un primo tentativo di riqualificazione dell'area si è avuto negli anni '70 ma il progetto urbanistico guidato dall'architetto Xavier Arsène-Henry non riuscì a coinvolgere Gynko e si limitò a realizzare solo il moderno quartiere sociale Les Aubiers che confina con l'area riguardante il progetto.

Parole chiave
Climate responsive design, urban resilience, energy efficiency,

Gynko is a new green neighborhood on the northern Bordeaux suburbs, France. It takes its name from the tree gynko biloba of which it wants to represent the resistance and durability characteristics. The chosen area is spread over 23 ha and is particularly impressive because it is located near the 160 he artificial lake built in 1969 on a large flood swamp owned by the urban community. The new district is located on the right bank of the lake and is strongly characterized by three canals. A distinctive Bordeaux feature is that from any city point of landscape and sky view is not close up by buildings volume; the new urban project preserves this specificity while safeguarding the traditional skyline. The project used the ZAC which is a urban development policies tool. The Bordeaux urban community has developed a general framework and defined the implementation conditions by giving the development to a private company, Bouyghes Immobilier, which proposed the urban project and cared economic feasibility. An important role was also played by Aquitanis and Mesolia Habitat who took care of construction and homes allocation people with disabilities and social rents. The works coordination was curated by the architectural firm Brochet Lajus Pueyo; by Agence Devillers & associates; and by Agence Signes Ouest. More than 20 local, national and international architecture agencies took part in the project. The project began in 2006 and ended in 2017. It is noted that an initial attempt to area redevelopment took place in the 1970s, but the urban planning project led by architect Xavier Arsène-Henry failed.

Keywords
Climate responsive design, urban resilience, energy efficiency

Goals

On the landscape, Ginko aims to redevelop and develop the shores of the lake, give a strong boost to quality public and private spaces, increase the vegetation and the development of new green spaces to project Bordeaux into a concept of garden city.

The project aims to rebalance the city development by creating an urban link between residential and existing tertiary and commercial activities. The structuring project elements are an East-West commercial axis and the settlement of public facilities distributed along the planned tram line. The site has residential buildings, school facilities, offices, a large cultural centre and numerous commercial spaces. This site can take advantage of the proximity to the city's sports facilities and is served by public transport thanks to the extension of the tram network and the completion of the complementary tram and bus network.

Obiettivi

Sul piano paesaggistico Ginko mira a riqualificare e sviluppare le rive del lago, dare un forte impulso agli spazi pubblici e privati di qualità, aumentare la quota di vegetazione e lo sviluppo di nuovi spazi verdi per proiettare Bordeaux in una concezione di città giardino.

Il progetto mira a riequilibrare lo sviluppo della città creando un collegamento urbano tra i quartieri residenziali e le attività terziarie e commerciali esistenti. Gli elementi strutturanti del progetto sono un asse commerciale est-ovest e l'insediamento di strutture pubbliche distribuite lungo la prevista linea tranviaria. Il sito ospita alloggi, strutture scolastiche, uffici, un grande centro culturale e numerosi spazi commerciali. Tale sito può avvalersi della vicinanza agli impianti sportivi della città ed è servito da mezzi pubblici grazie all'estensione della rete tranviaria e al completamento di quella complementare di tram e autobus.

Il nuovo progetto è anche occasione per decongestionare aree importanti della città di Bordeaux e per definire una nuova politica per la mobilità scoraggiando l'uso dell'auto in favore della rete di trasporto pubblico, della rete ciclabile e dei



Fig. 1 - Planimetria e vista asse stradale centrale / *Plan and view of the central axis* (Quinton, Siron, 2014).

percorsi pedonali. Altri principi chiave includono la protezione della biodiversità, l'economia delle risorse, la gestione dei rifiuti, la riduzione del consumo di energia tenendo conto delle problematiche dello sviluppo sostenibile.

Strategie e azioni di adattamento

Gli spazi pubblici sono organizzati attorno a tre luoghi emblematici: il *Garden-Promenade*, la *Venelle Verte* e la *Place Canal*. Il *Garden-Promenade* è una sezione della delicata via di circolazione che collega le banchine del fiume Garonna al lago attraverso i bacini fluviali ed è composto da un litorale con piscine a più livelli, un prato fiorito e siepi. La *Venelle Verte* attraversa una serie di piccole isole all'estremità settentrionale del distretto. Infine, *Place Canal* ha una elevata densità edilizia ai cui bordi vi è un parco di 4,5 ha.

Le caratteristiche del progetto, come ad esempio bacini, canali o sponde selvagge, sono un invito permanente all'osservazione. È facile essere conquistati dal loro fascino e bellezza, di giorno dagli effetti di luce del sole o di notte dall'illuminazione artificiale. Gli spazi verdi regalano veri e propri dipinti vegetali e trasmettono una sensazione di calma e tranquillità restituendo l'immagine di un mondo rilassante e armonioso in cui tutti possono attingere energia per ricaricarsi dallo stress accumulato. Questi spazi peraltro hanno una bassa inerzia termica, evitano l'accumulo di calore dalle radiazioni solari e forniscono aree dove rifugiarsi nella parte più calda della giornata grazie alla proiezione di ombre degli edifici e degli spazi boschivi. Nella stagione fredda invece offrono ampie aree di sole rafforzate dagli alberi con foglie cedue. Si segnala inoltre che particolare attenzione è stata posta al posizionamento delle panchine per garantire l'area fresca in estate e il sole in inverno.

Il *Garden-Promenade*, la *Venelle Verte* e la *Place Canal* sono riservati alla mobilità *soft*. Lungo l'asse pedonale, al piano terra degli edifici della *Place Canal*, i negozi locali animano lo spazio pubblico. In termini di uso misto, si osserva che gli edifici intorno alla piazza pedonale ospitano un programma complesso (negozi, abitazioni, residenze alberghiere, uffici) che assicura l'animazione del luogo durante il giorno.

I tre canali sono stati progettati per prevenire l'eutrofizzazione e lo sviluppo di piante acquatiche indesiderate attraverso il rinnovo, l'ossigenazione, la filtrazione dell'acqua e la presenza di bacini filtranti o scarichi. Questi canali oltre a svolgere una funzione di abbellimento dello spazio pubblico assolvono a un ruolo tecnico di gestione delle acque piovane del quartiere che vengono trattate prima dello scarico nel lago. Questa ha portato ad un tasso di impermeabilizzazione di circa il 40% della superficie totale del quartiere.

La città già gode di una buona attrattività paesaggistica e una particolare apertura verso il sociale che vuole preservare e incrementare offrendo una tipologia diversificata di alloggi a prezzi accessibili per andare incontro alle diverse esigenze e ai differenti stili di vita, volendo far rivivere lo spazio pubblico come luogo di incontro per aprirlo alla creatività artistica, sociale e umana.

In dettaglio il programma di costruzione prevede: 2.149 abitazioni (169.799 mq) per circa 5.000 abitanti (di cui 32,5% di alloggi in affitto sociale e 19,5 % di unità abitative assistite), in fase di realizzazione sono state aggiunte altre 650 unità abitative; 32.000 mq di negozi e servizi, 25.180 mq di uffici; 21.380 mq di strutture pubbliche (due gruppi scolastici, scuola materna e asilo nido, una strut-

The new project is also an opportunity to decongest important city areas to define a new mobility policy by discouraging the car use in favour of the public transport, cycle and pedestrian networks. Other key principles include the biodiversity protection, the resource economy, waste management, the energy consumption reduction taking into account sustainable development issues.

Adaptation strategies and actions

The public spaces are organized around three emblematic places: the Garden-Promenade, the Venelle Verte and the Place Canal. The Garden-Promenade is a section of the delicate circulation route that connects the Garonna River to the lake through the river basins and consists of a shoreline with tiered pools, a flowery lawn and hedges. The Venelle Verte crosses a series of small islands at the northern end of the district. Finally, Place Canal has a high building density at the edges of which there is a park of 4.5 ha.

The project's characteristics, such as basins, canals or wild banks, are a permanent catch on observation. It is easy to be conquered by their charm and beauty, by the effects of sunlight or at night by artificial lighting. The green spaces give real plant paintings and convey a feeling of calm and tranquility returning the image of a relaxing and harmonious world in which everyone can draw energy to recharge from the accumulated stress. These spaces, however, have a low thermal inertia, avoid the accumulation of heat from solar radiation and provide areas to take refuge in the hottest part of the day thanks to the projection of shadows of buildings and woodland spaces. In the cold season, on the other hand, they offer large areas of sun reinforced by trees with cedue leaves. It should also be noted that special attention has been paid to the placement of the benches to ensure the cool area in summer and the sun in winter.

The Garden-Promenade, Venelle Verte and Place Canal are reserved for soft mobility. Along the pedestrian axis, on the ground floor of the Place Canal buildings, local shops enli-place the public space. In terms of mixed use, it is observed that the buildings around the pedestrian plaza host a complex program (shops, dwellings, hotel residences, offices) that ensures the animation of the place during the day.

The three channels are designed to prevent the eutrophication and development of unwanted aquatic plants through renewal, oxygenation, water filtration and the presence of filtration or drains. These canals, in addition to performing a function of beautifying public space, fulfill a technical role of stormwater management of the neighborhood that are treated before discharge into the lake. This water management has led to a waterproofing rate of about 40% of the total area.

The city already enjoys a good landscape attraction and a particular openness towards the social that wants to preserve and increase by offering a diverse type of affordable housing to meet the different needs and different lifestyles wanting to revive the public space as a meeting place to open it to artistic, social and human creativity. In detail, the construction programme includes: 2,149 dwellings (169,799 sqm) for about 5,000 inhabitants (of which 32.5% of social rented housing and 19.5 % of assisted housing units), a further 650 housing units have been added during the construction; 32,000 sqm of shops and services, 25,180 square meters of offices; 21,380 sqm of public facilities (two school groups, kindergarten and kindergarten, a multifunctional structure and an area with sports equipment), 10,300 square meters for hotel residence services and elderly people who are not self-sufficient. The project aims to create urban continuity and is characterized architecturally by an islet-shaped system with a controlled density (66 dwellings per hectare) and integrated parking on two levels: a basement level, given the geological constraints and the aquifer, and the other level above the first covered by a hanging garden so that no vehicle is visible from the outside. Each accommodation therefore has an orientation that responds to thermal needs and the view of an open space. The interior of the islands is inaccessible to motor vehicles (excluding emergency vehicles). A challenge of the urban project is the integration of the existing shopping center and with its large parking lots and the new neighborho-

tura polifunzionale e un'area con attrezzature sportive), 10.300 mq per servizi di residenza alberghiera e anziani non autosufficienti.

Il progetto mira a creare una continuità urbana ed è caratterizzato sul piano architettonico da un sistema a forma di isolotti con una densità controllata (66 abitazioni per ettaro) e un parcheggio integrato su due livelli: un livello seminterrato, dati i vincoli geologici e la falda acquifera, e l'altro livello sovrastante al primo coperto da un giardino pensile in modo che nessun veicolo sia visibile dall'esterno. Ogni alloggio ha quindi un orientamento che risponde alle esigenze termiche e la vista di uno spazio aperto. L'interno delle isole è inaccessibile ai veicoli a motore (esclusi i veicoli di emergenza).

Una sfida del progetto urbano è l'integrazione del preesistente centro commerciale e con i suoi grandi parcheggi e il nuovo quartiere con alloggi moderni incentrati su criteri più avanzati di urbanizzazione sostenibile. La reciproca valorizzazione di queste due entità è fondamentale per la qualità della vita dell'intero quartiere, caratterizzato dalla presenza da terrazze e negozi. Le terrazze sul tetto delle superfici commerciali sono giardini pensili assegnati agli alloggi o alla residenza dell'hotel. La diffusione delle terrazze verdi del tetto ha lo scopo di fornire

isolamento termico e di garantire il *buffering* dell'acqua piovana che viene riutilizzato per irrigare gli spazi verdi pubblici. Per lo sviluppo di queste aree diventa indispensabile una rete di trasporto pubblico, il progetto prevede infatti lo sviluppo della linea tranviaria e una rete stradale strutturata secondo una gerarchia coerente e leggibile.

L'uso dell'auto privata è scoraggiato, pochi posti auto sono previsti lungo la strada e vengono proposte modalità alternative: biciclette *self-service*, *car sharing*, *pedibus* , stazioni di ricarica elettriche. Di buona qualità è la rete ciclabile (il parcheggio delle bici è agevolato) ed è stata realizzata una fitta rete di percorsi



Fig. 2 - Vista del nuovo insediamento in prossimità del lago artificilae dell' eco-district Ginko/ *New district view on the river of the artificial lake* (Quinton, Siron, 2014).

pedonali urbani e strade con giardini.

Soluzioni adattive

Un progetto che punta all'eccellenza non può certo trascurare il comfort abitativo (igrotermico, acustico, visivo, olfattivo) e la qualità sanitaria (dell'aria, dell'acqua e degli spazi) adottando i principi dello sviluppo sostenibile e la ricerca di soluzioni per il risparmio energetico e idrico. È stato svolto un lavoro significativo sull'integrazione del sito, l'orientamento degli edifici e la disposizione dei volumi che favoriscono il fresco d'estate e il caldo d'inverno, ottimizzando le radiazioni solari e la circolazione naturale dell'aria nonché l'uso di materiali sani, innovativi, recuperabili e riciclabili e scelto un approccio per la costruzione degli edifici con alta qualità ambientale.

Il progetto prevede la produzione di energia solare fotovoltaica e termica: pannelli fotovoltaici; collettori solari per il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria e una rete di riscaldamento, cui tutti gli edifici sono collegati, con caldaia a biomassa e gas che serve l'intero distretto. Si tratta di una rete di circa 5.000 km. La rete di riscaldamento è accoppiata a un circuito ad acqua temperata per far fronte alle specificità legate alle imprese e agli uffici.

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti, nella fase di costruzione è stata riutilizzata la terra in eccesso dai lavori di scavo e la sabbia estratta per i parcheggi per la preparazione del terreno alle successive fasi di lavorazione; mentre per la raccolta e selezione differenziata dei rifiuti domestici si provvede secondo l'organizzazione già in atto nel territorio comunale, già a livelli più che soddisfacenti.



Fig. 3 - Foto eco-district Ginko / *Photo eco-district Ginko* (Quinton, Siron, 2014).

od with modern housing focused on more advanced sustainable urban criteria. The mutual enhancement of these two entities is fundamental to the life quality the entire neighbourhood. The neighborhood is characterized by terraces and shops. The roof terraces of commercial areas are hanging gardens assigned to the hotel's accommodations or residence. The spread of the green roof terraces is intended to benefit from reinforced thermal insulation and to ensure the buffering of rainwater that is reused to irrigate public green spaces. For the development of these areas, a public transport network becomes indispensable, the project envisages the development of the tram line and a road network structured according to a coherent and readable hierarchy. The use of the private car is discouraged, few parking spaces are provided along the way and alternative modes are proposed: self-service bikes, car sharing, pedibus, electric charging stations. The cycle network (bike parking is facilitated) has a good quality and a dense network of urban pedestrian paths and streets with gardens has been built.

Adaptive solutions

A project that aims for excellence can certainly not neglect the living comfort (igrothermal, acoustic, visual, olfactory) and health quality (air, water and spaces) adopting the principles of sustainable development and the search for solutions for energy and water savings. Significant work has been done on site integration, building orientation and volume arrangement that promotes summer cool and winter heat, optimizing solar radiation and natural air circulation, as well as the use of healthy, innovative, recoverable and recyclable materials and a design approach for building high environmental quality.

The project involves the production of solar photovoltaic and thermal energy: photovoltaic panels; solar collectors for the preheating of sanitary hot water and a heating network, to which all buildings are connected, with biomass boiler and gas serving the entire district. It is a network of about 5,000 km. The heating network is coupled with a temperate water circuit to meet the specifics related to businesses and offices.

With regard to waste treatment, excess land was reused during the construction phase from excavation work and sand extracted for parking lots for the preparation of the soil at subsequent processing stages; whereas the collection and differentiated selection of household waste is provided according to the organization already in place in the municipality, already at more than satisfactory levels.

Implementation processes

EcoQuartier Ginko is the result of the mobilization of all the partners involved and the skills necessary for the realization of an

ambitious development project but also of the active participation of citizens essential to ensure a sustainable project. Residents were informed before work began and for the duration of the work were called upon to make decisions. In addition, educational actions on the environmental approach were planned at schools and planned seminars to raise awareness of the specific building and environmental characteristics of the neighbourhood and good behavioural practices.

The area redevelopment has meant the transition from ancient wasteland and unhealthy to an area of value from a landscape point of view and with high environmental quality. Surrounded by greenery and water, this sustainable neighbourhood benefits from a privileged and economically dynamic living environment that thus promotes a high quality of daily life.

The project was praised for its balance and focus on renewable energy, gentle mobility, proximity and trams, as well as for water management, biodiversity and constraints related to soil nature. So it's no wonder Ginko has won numerous awards:

- *2009 Energy and Renewable Energy Award awarded by the Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development and the Sea;*
- *2011 Social and economic quality award in the framework of the SNAL development trophies (National Union of Developers);*
- *2012 - Silver Pyramid - SaintExupéry Islet Innovation Award and Canopée Island Aesthetic Award;*
- *2013 - Mention committed to the eco-neighbourhood certification issued by the Ministry for The Equality of Territories and Housing;*
- *2013 - Award for the occupation of Bordeaux by the corporate citizen;*
- *2014 - Bordeaux Employment Award dalla Corporate Citizenship give by House of Employment;*
- *2014 - Agora Architecture Award from the City of Bordeaux, category of private accommodation for Canopé - tertiary category for the headquarters of Aquitanis - category of industrial building for the technical facilities.*

Processi attuativi

EcoQuartier Ginko è il frutto della mobilitazione di tutti i partner interessati e delle competenze necessarie per la realizzazione di un ambizioso progetto di sviluppo ma anche della partecipazione attiva dei cittadini essenziali per garantire un progetto sostenibile. Gli abitanti sono stati informati prima che i lavori iniziassero e per tutta la loro durata e sono stati chiamati a prendere decisioni. Inoltre, sono state previste azioni educative sull'approccio ambientale presso le scuole e pianificati seminari di sensibilizzazione sulle caratteristiche costruttive e ambientali specifiche del quartiere e le buone pratiche comportamentali.

La riqualificazione dell'area ha significato il passaggio da antica terra desolata e malsana a un'area di pregio dal punto di vista paesaggistico e dall'elevata qualità ambientale. Circondato dal verde e dall'acqua, questo quartiere sostenibile beneficia di un ambiente di vita privilegiato ed economicamente dinamico che promuovono così una elevata qualità della vita quotidiana.

Il progetto è stato apprezzato per il suo equilibrio e perché incentrato sulle energie rinnovabili, mobilità dolce, prossimità e tram, nonché per la gestione dell'acqua, biodiversità e vincoli legati alla natura del suolo. Così non meraviglia che Ginko abbia vinto numerosi premi:

- 2009 Premio per il risparmio energetico e le energie rinnovabili assegnato dal Ministero dell'Ecologia, dell'Energia, dello Sviluppo Sostenibile e del Mare;
- 2011 Premio della qualità sociale ed economica nel quadro dei trofei dello sviluppo della SNAL (Unione nazionale degli sviluppatori);
- 2012 Silver Pyramid - Premio per l'innovazione per l'isolotto SaintExupéry e Premio per l'estetica per l'isola Canopée;
- 2013 Menzione nella certificazione di eco-vicinato rilasciata dal Ministero per l'uguaglianza dei territori e delle abitazioni;
- 2013 Premio per l'occupazione di Bordeaux da parte del cittadino aziendale;
- 2014 Bordeaux Employment Award dalla Corporate Citizenship assegnato dalla Maison de l'emploi;
- 2014 Agora Architecture Award dal Comune di Bordeaux, categoria di alloggi privati per Canopé + categoria terziaria per la sede centrale di Aquitanis + categoria di edificio industriale per i locali tecnici.

References

Quinton, M. & Siron, V. (2014), *Ginko: L'éco-quartier du lac de Bordeaux*, Archibooks + Sautereau Éditeur, Paris.

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnolgica Ambientale. Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*. Altralinea, Firenze, pp. 342-347.

Websites

http://www.ecoquartier-ginko.fr/

http://invisiblebordeaux.blogspot.com/2019/07/a-stroll-in-ginko-eco-district.html

https://www.casaeclima.com/ar_6053__PROGETTI-Nuovi-edifici-bordeaux--quartiere--ecologico--ginko-Ecoquartiere-a-Bordeaux.html

Caserne De Bonne: il nuovo centro di Grenoble
Caserne De Bonne: the New Grenoble Center

Valeria Cecafosso, *Sapienza Università di Roma*

Time of realization	2005-2011
Location	Grenoble, France
Climate zone	Cfb
Hazard	Climatic change
Intervention scale	District
Level of governance	City of Grenoble

L'ecoquartiere De Bonne è stato costruito tra il 2005 e il 2010. L'intervento ha interessato un'area di 8,5 ettari utilizzati da infrastrutture militari. Il primo nucleo fu costruito nel 1720 e successivamente ampliato nel 1848 dando vita ad una seconda caserma e nel 1883 ad una terza caserma con l'acquisizione di un vasto terreno agricolo. Il sito dismesso dalla sua originaria funzione fu posto in vendita nel 2001 liberando così un'importante area nel centro di Grenoble.

La città di Grenoble ha messo in atto una politica di sviluppo sostenibile attiva (piano energetico, guida pratica ambientale per gli sviluppatori) che si concretizza in particolare in questo progetto. Le terre molto ambite dai promotori sono state quindi interamente controllate dal Comune, con lo sviluppo di una serie di specifiche che richiedono uno strumento di negoziazione con tutti i partner, non senza originalità e diversità architettonica.

La SAGES Société Publique Locale d'Aménagement (SPLA) di Grenoble, committente del progetto si è avvalsa come strumento urbanistico e di progettazione dello ZAC De Bonne Piano urbanistico e particolareggiato. Il progetto architettonico è stato curato da Agence DEVILLERS mentre quello paesaggistico e del verde urbano da Atelier Jacqueline OSTY. Il progetto è iniziato nel 2002.

Parole chiave
Climate responsive design, deep rennovation, energy efficiency, demonstration policies

Obiettivi
Obiettivo principale del progetto è quello di ampliare il centro della città di Grenoble ricostruendo un intero quartiere "*green*"per migliorare la vivibilità degli abitanti a cui questo spazio era precluso immettendo negozi, ristoranti, uffici, spazi pubblici, infrastrutture e servizi. Ciò per avere un ambiente di alta qualità e per dinamicizzare l'economia locale rendendo il centro di Grenoble più bello, più piacevole e attraente, promuovendo integrazione e relazioni sociali. In linea con tale impostazione il progetto ha mantenuto il cortile principale e i tre edifici che lo sovrastano riqualificandoli sul piano della sostenibilità e del risparmio energetico.

The eco-neighborhood De Bonne was built between 2005 and 2010. The intervention involved an area of 8.5 ha used by military infrastructure. The first nucleus was built in 1720 and later expanded in 1848 creating a second barracks and in 1883 a third barracks with a vast agricultural land acquisition. The site fallen into disuse from its original function was put up for sale in 2001, freeing up an important area in Grenoble city centre.

The city of Grenoble has put in place an active sustainable development policy that is particularly reflected in this project.

The lands highly coveted by the promoters were therefore entirely controlled by the municipality, which led to the development of specifications that require a negotiating tool with all partners, which does not preclude originality and architectural diversity.

SAGES Société Publique Locale d'Aménagement (SPLA) in Grenoble, the project's developer, used the ZAC De Bonne Urban and Detailed Plan as an urban and planning tool. The architectural project was curated by Agence DEVILLERS while the landscaped and urban green design by Atelier Jacqueline OSTY. The project began in 2002.

Keywords
Climate responsive design, deep rennovation, energy, efficiency, demonstration policies

Goals
The main project objective is to expand the city center by rebuilding an entire "green district" to improve the liveability also by arrange shops, restaurants, offices, public spaces, infrastructure and services. This will make a high-quality environment and to dynamize the local economy by making the Grenoble city centre more beautiful, more enjoyable and attractive, promo-

ting integration and social relations. In line with this approach, the project has maintained the main courtyard and the three buildings that overlook it by redeveloping them in terms of sustainability and energy savings. The aim of the project is therefore to promote the spatial and functional mix and promote a socio-economic, cultural and generational mix to stimulate inclusion and the spirit of "co-living" aiming to provide housing for all.

The project envisages the creation of a self-sufficient energy district with the production of renewable energy and buildings efficiency, aimed at halving consumption to bring it to a maximum consumption level of 75 kWh/m2/year, far better than the thermal regulation French then in force. Compared to the different needs, the objectives are as follows: 50 kWh/year/m2 for heating and cooling; 15 kWh/year/m2 for sanitary hot water; and 10 kWh/year/m2 for the consumption of electricity in the common areas (mainly ventilation, lighting, elevators).

An integral part of the project is the a large green public park construction of based on biodiversity to improve air quality and the creation of the third tranviary line on the boulevards and the creation of a dense road network of green and safe cycle paths and pedestrians for soft mobility in order to ensure proximity to public and shared transport.

Adaptation strategies and actions

The stategies to achieve these objectives were first defined by solar gains study and protection devices from them with a focus on bioclimatic aspects, energy efficiency and material quality.

The residential buildings are characterized by an external insulation with glass wool coat and windows with thermal-cut frame and energy-efficient glass. A dual-flow system is active for ventilation. For each residential unit there are 1.2 sqm of thermal solar panels, covering 50% of the hot water needs. In addition, the production for heating and partly for sanitary hot water is provided by gas boilers operated by an external energy supplier. Finally, each building has a cogeneration module for a total of 9 small cogeneration modules developed for electricity and heat production from natural gas.

The residential units are distributed in 7-story buildings, arranged in a "U" shape around the park. Each block has its own condominium garden within the court. These homes are energy efficient, both new and refurbished. There are a total of 850 dwellings, 40% of which are social housing for low-income families; 435 are new homes and 415 are dwellings part of the recovery and redevelopment program. Each living unit has a parking space in the basement and each building has a well-structured bicycle garage to facilitate their use.

Nearly 20,000 sqm of the project are dedicated to retail, lei-

Scopo del progetto è quindi quello di favorire la diversità spaziale e funzionale dei luoghi e promuovere un mix socio-economico, culturale e generazionale per stimolare l'inclusione e lo spirito di "convivenza" mirando a fornire alloggi a tutti.

Il progetto prevede la creazione di un distretto energetico autosufficiente con la produzione di energia rinnovabile ed efficientamento degli edifici, teso a dimezzare il consumo per portarlo ad un livello di consumo massimo di 75 kWh/m²/anno, di gran lunga migliore rispetto al regolamento termico francese allora in vigore. Rispetto alle diverse esigenze gli obiettivi sono così articolati: 50 kWh/m²/anno per il riscaldamento e il raffrescamento; 15 kWh/m²/anno per l'acqua calda sanitaria; e 10 kWh/m²/anno per il consumo di energia elettrica delle aree comuni (principalmente ventilazione, illuminazione, ascensori).

Parti integranti del progetto sono la costruzione di un grande parco pubblico verde improntato sulla biodiversità per migliorare la qualità dell'aria e la creazione della terza linea tranviaria sui viali e la realizzazione di una fitta rete stradale di percorsi ciclabili e pedonali verdi e sicuri per la mobilità morbida al fine di garantire la prossimità ai trasporti pubblici e condivisi.

Strategie e azioni di adattamento

Le strategie per raggiungere tali obiettivi sono state preliminarmente definite attraverso lo studio dei guadagni solari e dei dispositivi di protezioni dagli stessi ponendo particolare attenzione agli aspetti bioclimatici, all'efficienza energetica e alla qualità dei materiali.

Gli edifici delle residenze sono caratterizzati da un isolamento esterno a cappotto in lana di vetro e finestre con telaio a taglio termico e vetro ad alta efficienza energetica. Per quanto riguarda la ventilazione è attivo un sistema a doppio flusso.



Fig. 1 - Vista del parco Martin Luter King / *View of Martin Luther King park* (Bobroff, 2011).

Per ogni unità abitativa sono presenti 1,2 m² di pannelli solari termici, che coprono il 50% del fabbisogno di acqua calda. Inoltre, la produzione di calore per il riscaldamento ed in parte per l'acqua calda sanitaria è fornita da caldaie a gas gestite da un fornitore di energia esterno. Infine, ogni edificio ha un modulo di cogenerazione per un totale di 9 piccoli moduli di cogenerazione sviluppati per la produzione di elettricità e calore da gas naturale.

Le unità abitative sono distribuite in edifici di 7 piani, disposti a forma di "U" intorno al parco. Ogni blocco possiede il proprio giardino condominiale all'interno della corte. Queste abitazioni sono ad alta efficienza energetica, sia le nuove che quelle ristrutturate. Sono presenti in totale 850 abitazioni, il 40% delle quali sono alloggi sociali per famiglie a basso reddito; 435 sono case nuove e 415 sono abitazioni facenti parte del programma di recupero e riqualificazione. Ogni unità abitativa ha un posto auto nel seminterrato e ogni edificio possiede un garage per biciclette ben strutturato per agevolare il loro utilizzo.

Quasi 20.000 m² del progetto sono dedicati alle attività commerciali di vendita al dettaglio, tempo libero e servizi. Sono presenti 2 hotel, uno a 4 stelle con 112 stanze, un hotel-residence "Résidhome Apparthôtel" e 2 residenze studentesche situate ai limiti nord-occidentali e nord-orientali dello Zac De Bonne (CROUS e Lamy). Inoltre, c'è anche un cinema d'essai, "Le Méliès" che include 3 sale con circa 500 posti. Fra gli edifici presenti si segnala una scuola elementare bioclimatica realizzata in legno con ampie finestre per catturare la massima luminosità di 15 classi con un'area per bambini e una mensa scolastica. Il complesso è dotato anche di piscina e di una casa di riposo costituita da 24 appartamenti per un totale di 80 posti letto per giovani e adulti disabili.

Anche il centro commerciale è stato progettato per ottimizzare la luce naturale

sure and service activities. There are 2 hotels, one 4-star with 112 rooms, a hotel-residence "Résidhome Apparthotel" and 2 student residences located on the northwestern and north-eastern limits of Zac De Bonne (CROUS and Lamy). In addition, there is also an art-room cinema, "Le Méliès" which includes 3 theaters with about 500 seats. Among the buildings there is a bioclimatic elementary school made of wood with large windows to capture the maximum brightness of 15 classes with a children's area and a school canteen. The complex is also equipped with a swimming pool and a retirement home consisting of 24 apartments for a total of 80 beds for young people and adults with disabilities.

The mall is also designed to optimize natural light and wind orientation. The center is entirely made of wood to benefit from the thermal inertia of the material. All of these factors contribute to a significant energy consumption reduction. As for electricity production, the mall is equipped with 1.000 sqm of photovoltaic installed on the roof for the production of 100 MWh/year primarily for lighting and ventilation. The mall has only 350 parking spaces to discourage people from using private car and push to use public trasport.

The park and private gardens (five hectares) contributes to make attractive living environment and to promote land permeability. The green spaces are connected to the city green

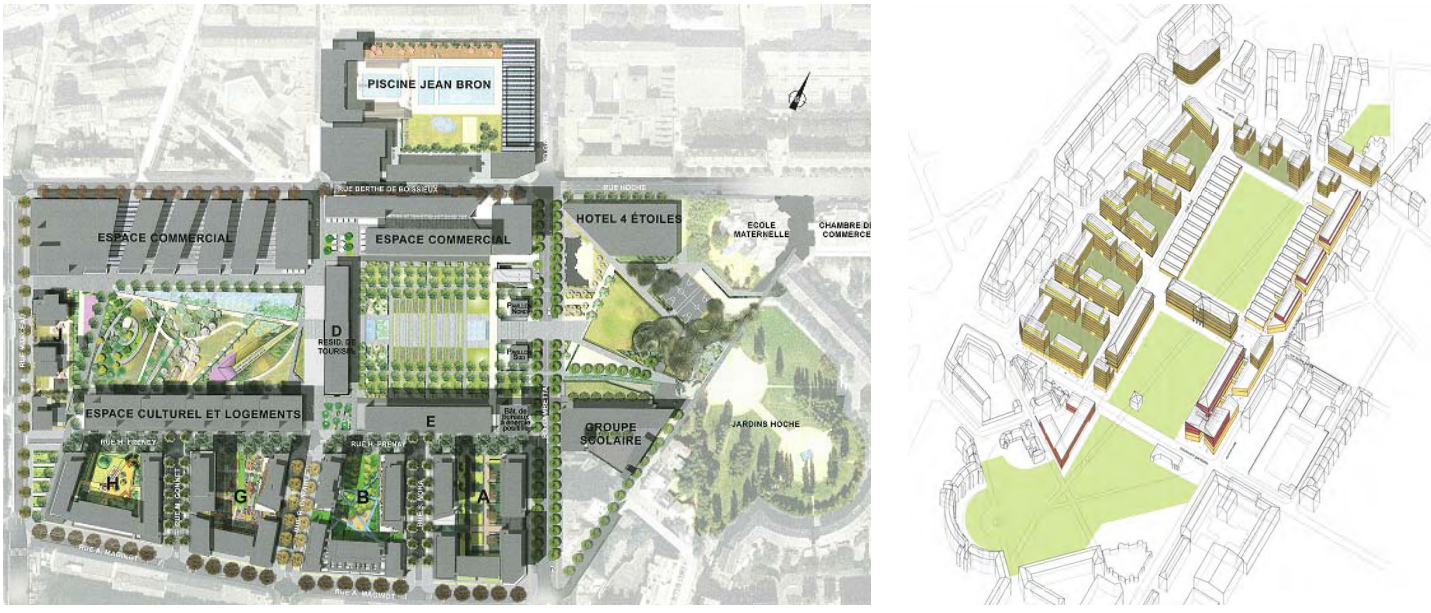


Fig. 2 - Planimetria e assonometria dell'eco-district De Bonne / *Masterplan and axonometry view of the eco-district De Bonne* (Bobroff, 2011).

network. Within the new district boundary three gardens are intended for specific uses: the valleys garden (terraces, spaces for relaxation and entertainment), the courtyard (with green spaces with ornamental water basins), Hoche Park (with spaces of fun and sports games).

The project, in its general organization, aiming to link residential function and central tertiary functions, in relation to the hypercenter and surrounding districts, also offers the opportunity to create the conditions for limited vehicle traffic and to rebalance the position of the various means of transport. Finally, an important environmental programme focuses on accessibility and gentle mobility.

Adaptive solutions

In the district there is a 6-level "Bonne Energy" office building of 1,685 sqm with positive energy obtained from 430 sqm of photovoltaic system installed on the roof that forms a pergola with bioclimatic function providing shade for terrace use and thermal comfort for the building. Envelope was built with a insulation skin of 20 cm. The ground floor has an insulation on

e l'orientamento rispetto al vento, interamente costruito in legno per beneficiare dell'inerzia termica del materiale, tutti questi fattori contribuiscono a ridurre significativamente il consumo energetico. Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica il centro commerciale è dotato di 1.000 mq di pannelli solari fotovoltaici installati sulla copertura per la produzione 100 MWh/anno principalmente per l'illuminazione e la ventilazione. Il centro commerciale dispone di soli 350 posti auto per scoraggiare le persone a usare il proprio mezzo di trasporto e servirsi di quello pubblico.

La realizzazione del parco e dei giardini condominiali (cinque ettari) contribuisce a rendere l'ambiente di vita particolarmente attraente e a favorire la permeabilità del terreno. Gli spazi verdi sono collegati alla rete verde della città. All'interno del perimetro del nuovo quartiere tre giardini sono destinati ad usi specifici: il giardino delle valli (terrazze, spazi per il relax e l'intrattenimento), il cortile (con spazi verdi con bacini di acqua ornamentali), Hoche Park (con spazi di divertimento e di giochi sportivi).

Il progetto, nella sua organizzazione generale, mirando a collegare la funzione residenziale e le funzioni terziarie centrali, in relazione all'ipercentro e ai distretti circostanti, offre anche l'opportunità di creare le condizioni per un traffico veicolare limitato e di riequilibrare la posizione dei vari mezzi di trasporto. Infine un importante programma ambientale è incentrato sull'accessibilità e sulla mobilità dolce.



Fig. 3 - Vista degli edifici multifunzionali / *View of multifunctional buildings* (Bobroff, 2011).

Soluzioni adattive

Nel quartiere è presente un edificio per uffici su 6 livelli "Bonne Energy" di 1.685 m² ad energia positiva ottenuta da un impianto fotovoltaico di 430 mq installato sul tetto che forma una pergola con funzione bioclimatica fornendo ombra per l'uso del terrazzo e comfort termico per l'ultimo livello interno. Sull'involucro è stato realizzato un isolamento a cappotto in lana di vetro con spessore di 20 cm. Il piano terra ha un isolamento sul lato inferiore di poliuretano spesso 7 cm, mentre sul tetto a terrazza l'isolamento in poliuretano è di 24 cm. Il sistema di riscaldamento/raffrescamento è integrato da pompa di calore geotermica reversibile e fan coil per la distribuzione negli ambienti. Le finestre hanno vetri tripli e il telaio dell'infisso misto, legno-alluminio. Sono presenti inoltre persiane girevoli e regolabili con rotazione automatica e tapparelle termiche.

Il nuovo centro commerciale di 19.935 m² è composto da cinque edifici. I negozi al suo interno sono riscaldati/raffrescati con un sistema che sfrutta le falde acquifere del sottosuolo utilizzando un meccanismo di pompaggio delle acque sotterranee. In caso di alte temperature viene utilizzata un'unità di raffreddamento a base di ammoniaca per fornire aria condizionata. Il raffrescamento viene attivato solo in presenza di tre condizioni: temperatura esterna superiore a 28 °C; pompe che lavorano alla massima velocità per oltre un quarto d'ora e differenza di temperatura rispetto al circuito di falda superiore a 1,8 °C. Per quanto riguarda il riscaldamento oltre a sfruttare carichi di calore forniti dai negozi viene utilizzato il sistema di teleriscaldamento della città.

Al fine di migliorare la gestione delle risorse idriche è stato installato un grande bacino con un'area di 1.700 mq e una profondità di 80 cm per immagazzinare l'acqua piovana e utilizzarla per l'irrigazione. Nel bacino sono state disposte piante acquatiche per migliorare la qualità dell'acqua che circola in un circuito chiuso. In ogni caso le risorse idriche sono organizzate per ridurre al minimo il consumo di acqua. I tetti verdi consentono di trattenere le acque piovane evitando il ruscellamento sulle superfici impermeabili. Essi sono gestiti "ecologicamente" in quanto non viene usato alcun prodotto sintetico per manutenerli e il diserbo è fatto a mano. Ciò contribuisce a proteggere la biodiversità e a migliorare la qualità dell'aria. La raccolta dei rifiuti è differenziata e consente per il riciclaggio di cinque tipologie diverse: rifiuti industriali non pericolosi, cartone, plastica, lampade e lampadine, pallet di legno.

Per quanto riguarda i trasporti il quartiere è collegato alla nuova linea del tram verde, realizzata tra le due carreggiate della strada. Per facilitare il traffico all'interno del perimetro dell'eco-quartiere sono state costruite nuove piste ciclabili collegando ogni parte dell'area con il resto della città in modo intelligente. Anche il traffico automobilistico è stato studiato all'interno della zona per permettere l'accesso a tutti i residenti, riducendone gli effetti negativi. Per tale obiettivo il limite di velocità dei veicoli è stato fissato a 30 km / h.

Processi attuativi

Con lo ZAC de Bonne è stato innovato l'approccio alla dimensione urbana ed il modo di rapportarsi a una nuova concezione dell'ambiente salvaguardando la tutela del territorio mediante la partecipazione attiva di tutte la componenti politiche, amministrative e tecniche di Grenoble. Tutto questo non si sarebbe potuto realizzare al di fuori del contesto della politica urbana e ambientale sviluppata da

the lower side of polyurethane 7 cm thick, while on the terrace roof 24 cm. The heating/cooling system is supplemented by a reversible geothermal heat pump and fancoil for distribution in environments. The windows have triple windows and frame in wood and aluminum. There are also revolving and adjustable shutters with automatic rotation and thermal shutters.

The new 19,935 sqm mall is made up of five buildings. The shops inside are heated/cooled with a system that exploits underground aquifers using a groundwater pumping mechanism. In high temperatures, an ammonia-based cooling unit is used to provide air conditioning. Cooling is triggered only in the presence of three conditions: external temperature above 28°C; pumps that work at maximum speed for more than a quarter of an hour; and temperature difference over the groundwater circuit above 1.8 °C. For heating in addition to the heat gains from shops, the city's heating network system is used.

In order to improve water management, a large basin was installed with an area of 1,700 sqm and a depth of 80 cm to store rainwater and use it for irrigation. Aquatic plants have been arranged in the basin to improve water quality. In any case, water resources are organized to minimize water consumption. Green roofs allow to retain rainwater by avoiding runoff on waterproof surfaces. They are managed "ecologically" as no synthetic product is used to maintain them and the weeding is handmade. This helps protect biodiversity and improve air quality. Waste collection is differentiated and allows recycling of five different types: non-dangerous industrial waste, cardboard, plastic, lamps and light bulbs, wooden pallets.

For the mobility, the neighborhood is connected to a new green tram line, which is built in the middle of the road. To facilitate mobility within the eco-neighbourhood boundary, new bike lines have been built connecting every part of the area with the rest of the city. Car networks has also been studied within the area to allow all residents access, reducing its negative effects. For this purpose, the vehicle speed limit has been set at 30 km/h.

Implementation processes

With the ZAC de Bonne, a new urban dimension approach and a new conception way has been innovated, safeguarding environment protection through Grenoble active political administrative and technical components participation. All of this could not have been achieved outside the context of urban and environmental policy developed by a local community already educated and ready to accept such a challenge. Fundamental in this regard is the reflection that has developed around urban planning documents and the ABC Guide to environmental, architectural and urban quality, a tool to support actions and methods to be

implemented to meet the community needs. In addition, the Region cooperation through the provision of necessary additional funding and the long-term involvement of a large number of local actors was essential.

The project was characterized from the outset by the close collaboration between all stakeholders (urban planners, builders, trade unions, neighbourhood associations and Grenoble residents) which was expressed in the public consultation and design workshops concerning the major transformations. The participatory process triggered a positive dynamic shared by all politicians and construction stakeholders that resulted in more sustainable urban planning.

For this intervention, the City of Grenoble used the European programme funded under the Sixth Framework Programme for Research and Innovation, aimed at encouraging local communities to develop concrete initiatives towards sustainability and high energy efficiency. In 2009 Grenoble was awarded for its eco-district Zac De Bonne receiving the 2009 Eco-Quartier National Grand Prix.

una comunità locale già educata e pronta ad accettare una sfida così impegnativa. Fondamentale al riguardo è la riflessione che si è sviluppata attorno all'elaborazione dei documenti urbanistici e della Guida ABC alla qualità ambientale, architettonica e urbana, uno strumento per sostenere azioni e metodi da attuare per soddisfare le esigenze della comunità. Inoltre, essenziale è stata la cooperazione della Regione attraverso la fornitura di finanziamenti complementari necessari e con la mobilitazione a lungo termine di un gran numero di attori locali.

Il progetto è stato caratterizzato fin dall'inizio dalla stretta collaborazione tra tutte le parti interessate (urbanisti, costruttori, sindacati, associazioni di quartiere e abitanti di Grenoble) che si è espressa nella consultazione pubblica e nei laboratori di progettazione riguardanti le principali trasformazioni. Il processo partecipativo ha innescato una dinamica positiva condivisa da tutti i politici e gli stakeholder delle costruzioni che ha prodotto una pianificazione urbana più sostenibile.

Per la realizzazione di questo intervento la città di Grenoble si è avvalsa del programma europeo "Concerto" finanziato nell'ambito del Sesto Programma Quadro per la Ricerca e l'Innovazione, inteso ad incoraggiare le comunità locali nello sviluppo di iniziative concrete verso la sostenibilità e un'elevata efficienza energetica. Nel 2009 Grenoble è stata premiata per il suo eco-distretto Zac De Bonne ricevendo il Gran Premio nazionale Eco-Quartier 2009.

References

Bobroff, J. (2011), "La Caserne De Bonne a Grenoble: Project emblematique d'un developpement durable a la franciase", available at: http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/puca_1334.pdf.

Cabinet ARGOS – Ville de Grenoble (2012), "Evaluation externe du quartier De Bonne Grenoble. Synthèse des réponses au premier questionnaire", available at: https://www.grenoble.fr/cms_viewFile.php?idtf=4551&path=Brochure-eval-de-Bonne.pdf.

Peisseil, G., (2011), *Grenoble: De Bonne, un écoquartier dans la ville*, SAGES, Grenoble.

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnolgica Ambientale. Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design. Altralinea*, Firenze, pp. 288-293.

Website

http://www.debonne-grenoble.fr/

La riconversione ambientale di *Ekostaden Augustenborg* a Malmö
The Environmental Reconversion of Ekostaden Augustenborg in Malmö

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Time of realization	1998-2005
Location	Malmö, Sweden
Climate zone	Cfb
Hazard	Floodings, heatwaves
Intervention scale	District
Level of governance	Municipality of Malmö

Ekostaden Augustenborg è il progetto di riconversione in eco-quartiere del distretto di Augustenborg a Malmö. Il quartiere, realizzato tra il 1948 e il 1952, è il primo intervento di edilizia residenziale pubblica a Malmö, sul modello di distretto autosufficiente. Dotato di una centrale per il teleriscaldamento e di una lavanderia comune, era caratterizzato da un efficace *mix* funzionale tra residenze, spazi produttivi e servizi sociali, con una grande attenzione all'esposizione solare nella progettazione degli spazi aperti, in particolare dei parchi gioco. A partire dagli anni '70 è progressivamente caduto in declino, sia per l'obsolescenza tecnologica degli edifici, soprattutto in termini di prestazioni energetiche e isolamento termico, sia per l'insufficienza del sistema fognario, al collasso ad ogni evento alluvionale. Questa situazione aveva progressivamente portato al trasferimento di buona parte degli abitanti e all'emarginazione sociale di quelli costretti a rimanere ad Augustenborg, aggravata da un elevato livello di disoccupazione.

Per contrastare questo degrado fisico e sociale, nel 1998 il consiglio comunale, sotto il coordinamento dell'inglese Trevor Graham, ha avviato un progetto di rigenerazione urbana ad ampio raggio, incentrato sul complessivo miglioramento delle condizioni di sostenibilità ambientale, sociale ed economica del distretto. Il costo dell'intervento, completato nel 2005, è stato di circa 24 milioni di euro, sostenuti dalla città di Malmö e dalla MKB Housing Company, supportati dal governo svedese con i Local Investment Program (LIP) e dai programmi LIFE e URBAN dell'Unione Europea.

Parole chiave
Green infrastructure, nature based solutions, resilienza urbana, rigenerazione urbana, *eco-district.*

Obiettivi
Il progetto *Ekostaden Augustenborg* è stato sviluppato con gli obiettivi di:
- incrementare le complessive prestazioni ambientali del quartiere in risposta ai cambiamenti climatici, risolvendo in particolare il problema delle frequenti inondazioni, legate alle caratteristiche climatiche e ambientali del contesto nonché all'ob-

Ekostaden Augustenborg is the eco-district reconversion project of the Augustenborg district in Malmö. The neighbourhood built between 1948 and 1952 is the first public housing project in Malmö, and was a self-sufficient neighbourhood model, equipped with a district heating plant and a common laundry service, characterized by an effective functional mix of residences and productive and social services, with great attention to solar exposure in the design of open spaces, in particular playgrounds. Since the Seventies, the neighbourhood has gradually declined due to the technological obsolescence of buildings, especially in terms of energy performance and thermal insulation, as well as of insufficient sewerage system. This situation led to the moving of a large part of the inhabitants and to the social exclusion of those remained in the neighbourhood, in addition to high level of unemployment.

In order to face this physical and social degradation, in 1998 the Municipal Council, under the coordination of the English Trevor Graham, started a wide-ranging urban regeneration project, focused on an overall improvement of the district's environmental, social and economic sustainability conditions. The total cost of the intervention, completed in 2005, was around 24 million euro, supported by the City of Malmö and the MKB Housing Company, supported by the Swedish government with the Local Investment Program (LIP) and by the LIFE and URBAN programs of the European Union.

Keywords
Green infrastructure, nature based solutions, urban resilence, urban regeneration, eco-district

Goals
The Ekostaden Augustenborg project was developed with the

following objectives:

- *to improve the overall environmental conditions of the neighbourhood in response to the climate change, in particular to solve the problem of frequent urban flooding, due to the climatic and environmental conditions od the site as well as to the obsolescence of the sewer system. The intervention includes measures for the management and the treatment of the rainwater, for the reduction of the CO_2 emissions into the atmosphere, for a more efficient waste management and biodiversity protection;*
- *to reduce the energy consumption;*
- *to improve the social conditions, in particular through actions of awareness-raising, inclusion, participation and co-planning, addressed to the local community;*
- *to implement community services with the creation of social gardens and spaces for leisure time.*

Adaptation strategies and actions

The active participation of the community is the real success factor of the Ekostaden Augustenborg project.

For the improvement of meteoric water management, the project involved the construction of retention basins and green

solescenza del sistema fognario. L'intervento prevede misure per la gestione e il trattamento delle acque piovane, per la riduzione delle emissioni di CO_2 in atmosfera, per una più efficiente gestione dei rifiuti e per la tutela della biodiversità;
- ridurre i consumi energetici;
- migliorare le condizioni sociali, in particolare con azioni di sensibilizzazione, inclusione, partecipazione e co-progettazione rivolte alla comunità locale;
- implementare i servizi alla collettività con la realizzazione di orti sociali e spazi per il tempo libero.

Strategie e azioni di adattamento

La partecipazione attiva della comunità è stato il vero fattore di successo del progetto *Ekostaden Augustenborg*.

Per il miglioramento della gestione delle acque meteoriche, il progetto ha previsto la realizzazione di bacini di ritenzione e di spazi verdi con funzione di cassa di espansione, allagabili in caso di necessità, oltre che tetti e pareti verdi per gli edifici.

Le misure attuate hanno migliorato la resilienza del quartiere al rischio inondazione, tanto che nel 2007, in occasione di un evento di portata eccezionale, la tenuta del sistema fognario di Augustenborg è risultata più efficace rispetto a quella dei quartieri limitrofi.

Sempre in riferimento agli aspetti ambientali, sono state attuate azioni di incentivazione all'utilizzo di energia da fonti rinnovabili, per l'implementazione di

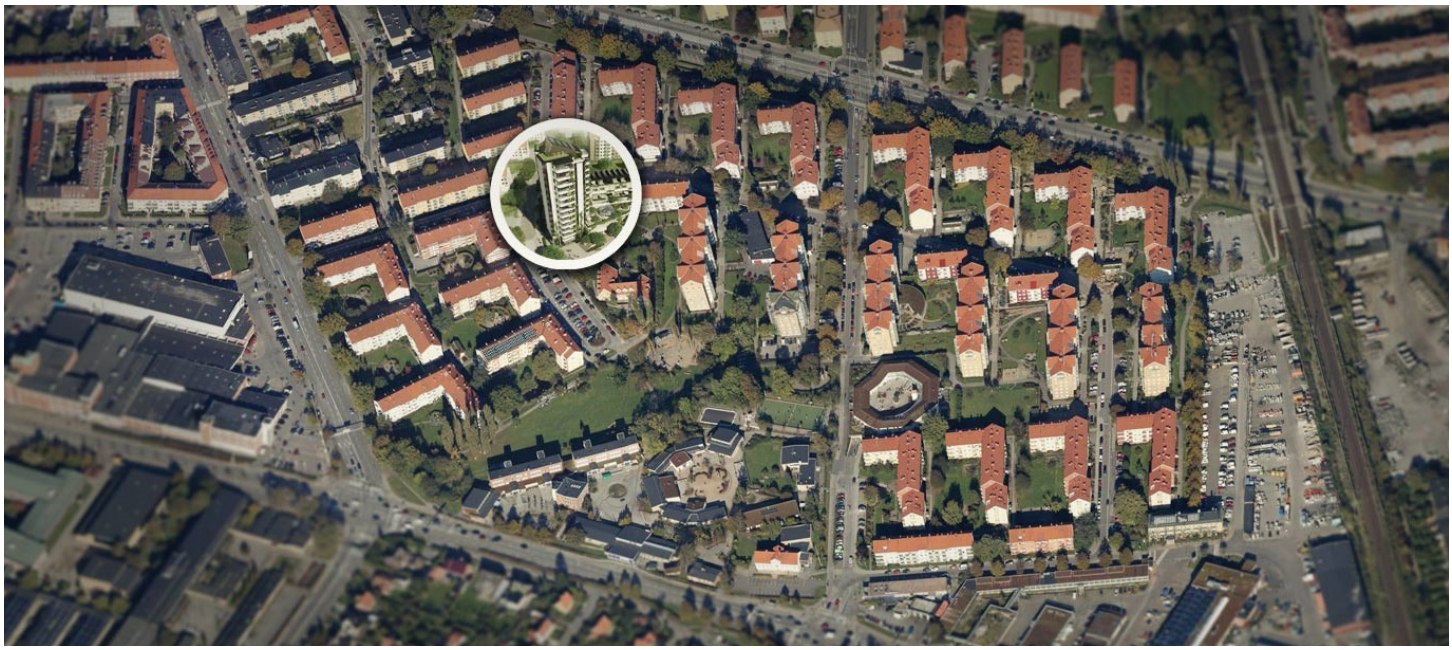


Fig. 1 - Vista aerea del quartiere / *Aerial view of the district*. (Source: https://greenroof.se/ekostaden/).

sistemi di riuso e riciclo dei materiali, l'impiego di soluzioni di edilizia sostenibile e la promozione dei sistemi di trasporto pubblico a basso impatto ambientale.

La qualità urbana è stata significativamente migliorata grazie alla realizzazione, negli spazi aperti tra i blocchi residenziali, di orti urbani dati in gestione agli abitanti e di spazi verdi per lo svago e il gioco, con la semina di essenze perenni, la realizzazione di zone umide, la piantumazione con alberi ad alto fusto e la sistemazione di strutture in legno per la nidificazione.

Accanto alle soluzioni tecniche di trasformazione e riqualificazione del quartiere, sono state inoltre promosse azioni immateriali di formazione e accompagnamento, per stimolare un cambiamento comportamentale negli abitanti verso una maggior consapevolezza delle questioni ambientali e responsabilità nei confronti della collettività. Di fatto si tratta di un processo di miglioramento progressivo, attuato da un lato dando stabilità e continuità nel tempo alla partecipazione, dall'altro informando ed educando i nuovi abitanti. Già nel 2007 si contavano infatti circa 200 nuove famiglie trasferite nel quartiere.

Soluzioni adattive

Significativi sono stati i risultati ottenuti dal punto di vista ambientale e sociale.

Per quanto riguarda la qualità ambientale, il nuovo sistema di gestione delle acque piovane ha migliorato la resilienza alle inondazioni, intercettando e trattando circa il 70% del *runoff*, prima dell'immissione nella rete fognaria. A tale scopo sono stati realizzati sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS, *Sustainable spaces with an expansion tank, floodable in case of need, as well as green roofs and green walls for buildings.*

The implemented measures have improved the resilience of the neighbourhood to floods, so much so that in 2007, in occasion of an exceptional event, the Augustenborg sewage system held up better than in the neighbouring districts.

With reference to the environmental quality, the use of energy from renewable sources was encouraged, as well as the implementation of systems for the reuse and recycle of materials, the use of sustainable building solutions and the promotion of low environmental impact public transport systems.

The urban quality has been significantly improved through the creation, in the open spaces between the residential blocks, of urban gardens managed by the inhabitants and of green spaces for leisure, the creation of humid zones, the planting of tall trees and the arrangement of wooden structures for the nesting of birds.

Besides the technical actions of transformation and redevelopment of the district, immaterial actions of training have also been developed, to stimulate a change in the community for a more aware and responsible behaviour with reference to environmental issues. This is a continuous process aimed at giving higher stability and continuity over time to the participation as



Fig. 2 - Pompe di circolazione, piccole cascate d'acqua e fontane evitano la formazione di alghe / *Circulation pumps, small water falls and fountains avoid algae growth (Photograph byJorchr, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons).*



Fig. 3 - Area verde e umida del quartiere. / *Green and humid area of the district*. (Source: https://www.vasyd.se/-/media/Documents/Informationsmaterial/Vatten-och-avlopp/Dagvatten/Augustenborg_2008_sv_webb.pdf).

well as at informing and training new inhabitants. In fact, only in 2007 there were about 200 new families transferred into the neighbourhood.

Adaptive solutions

The results obtained both from an environmental and a social point of view were significant.

With regard to the environmental quality, the new rainwater management system has improved flood resilience, intercepting and treating approximately 70% of the runoff before entering the sewage system. Sustainable urban drainage systems (SUDS, Sustainable Urban Drainage Systems) have been set up, consisting of 6 km of open-air canals and 10 retention ponds, where the rainwater is collected before the conventional existing sewage system. This system allows to retain most of the precipitations that are slowed down and partly disposed of over time through the natural evapotranspiration of the water, conveying to the sewage system only the surplus that the system is unable to dispose. Thus both the flow rates of peak and the overall conveyed volume of waters are significantly reduced.

The combination of the measures for the adaptation and mitigation of the effects of the climate change, in particular the green roofs, have overall led to an improvement in the comfort of the buildings, contributing to a greater summer cooling. 30 Green roofs were installed on the residential buildings for approximately 2,100 square meters, as well as a botanical garden of 9,500 square meters built between 1999 and 2001 on the roof of a former industrial building, which represents the largest green roof in Scandinavia.

As a result there was also an increase in biodiversity of about 50% within the district, thanks to the creation of habitats suitable for wildlife and the installation of wooden structures for the nesting of birds and bats.

Overall, an improvement in the image of the neighbourhood was observed as well, making it today one of the most attractive areas of Malmö, characterized by a high quality of the landscape and the presence of recreational areas. Unemployment rate has fallen from 30% to 6%, also thanks to the birth of 3 new local companies (Watreco, Green Roof Institute and the car pooling company).

The project of the school for children from 1 to 9 years old is emblematic, with various ecological solutions. Near the building, there is a music-themed playground, as well as a soccer field and a basketball court. The courtyards are crossed by channels for the rainwater drainage, which converge towards a pond, with both an educational and hydraulic regulation function. The project included also the replanting of open spaces to replace the original dead trees (elms) and the creation of an

Urban Drainage Systems) costituiti da 6 km di canali a cielo aperto e da 10 stagni di ritenzione, dove le acque piovane vengono raccolte e incanalate prima della loro immissione nella rete fognaria convenzionale. Questo sistema consente di trattenere la maggior parte delle precipitazioni che vengono così rallentate e in parte smaltite nel tempo attraverso la naturale evaporazione dell'acqua, convogliando al sistema fognario solo il *surplus* che il sistema non è in grado di smaltire, riducendo quindi sia le portate di picco sia il volume complessivo convogliato.

La combinazione di misure di adattamento e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, in particolare i tetti verdi, hanno portato a un miglioramento del *confort* degli edifici contribuendo a un maggior raffrescamento estivo. Complessivamente sono stati installati 30 tetti verdi sulle coperture degli edifici residenziali, pari a circa 2.100 mq di superficie, oltre a un giardino botanico di 9.500 mq realizzato tra il 1999 e il 2001 sulla copertura di un ex edificio industriale, che rappresenta il più esteso tetto verde della Scandinavia.

Grazie alla realizzazione di *habitat* idonei alla fauna selvatica e all'installazione di strutture in legno per la nidificazione di uccelli e pipistrelli, si è avuto anche un incremento della biodiversità di circa il 50% all'interno dell'intero quartiere.

Inoltre è riscontrabile un miglioramento dell'immagine di Augustenborg, tanto da farne oggi una delle aree attrattive di Malmö, caratterizzata da un paesaggio di qualità e dalla presenza di aree ricreative. La disoccupazione è scesa dal 30% al 6%, anche grazie alla nascita di 3 nuove imprese locali (Watreco, Green Roof Institute e la società di *car pooling*).

Emblematico il progetto della scuola (che ospita bambini da 1 a 9 anni di età),



Fig. 4 – Giardino botanico in copertura di Augustenborg / *Augustenborg botanical roof garden*. (Source: http://scandinavian-green-roof.org/about/ourinstitute/).

per la quale sono state impiegate diverse soluzioni ecologiche. Nei pressi della struttura è stato collocato un parco giochi a tema musicale, oltre a un campo da calcio e uno da basket. I cortili sono attraversati dai canali per la raccolta delle acque piovane, che convergono verso uno stagno con funzione didattica, oltre che di regimazione idraulica. Il progetto ha visto la ripiantumazione degli spazi aperti in sostituzione degli originari olmi, morti per malattia, e la realizzazione di un'aula didattica all'aperto. Gli studenti hanno partecipato attivamente all'elaborazione dei progetti. Elemento caratterizzante la scuola è un eco-padiglione che ospita diverse aule; si tratta di un edificio interamente smontabile e riciclabile, con tetti verdi, materiali naturali e sensori di movimento per l'attivazione e la regolazione degli impianti. Gli scarichi dei servizi igienici sono in parte drenati in fognatura, in parte trattati con processi biotici inodore per la trasformazione dei reflui in terreno fertile. Il tetto ospita un impianto solare. Gli studenti hanno modo di osservare e monitorare il funzionamento sia dell'impianto di trattamento dei reflui sia dell'impianto solare. Nei pressi della scuola è poi collocata la casa del riciclo, realizzata dagli stessi studenti in paglia e argilla, dove sono riciclati rifiuti alimentari, vetro, alluminio, carta, lampade fluorescenti, batterie e toner per stampanti.

La preesistente centrale per il teleriscaldamento è stata sostituita da un impianto a energia solare che garantisce i fabbisogni dell'area. Il lotto che ospitava la centrale accoglie oggi edifici residenziali. Il progetto solare Augustenborg è stato il punto di partenza per il più complesso progetto Solar City Malmö. Nella primavera del 2009 inoltre è stata installata una stazione eolica nei pressi della scuola locale.

L'intervento di riqualificazione realizzato con azioni di *retrofitting* e di densi-



Fig. 5 - Capacità di stoccaggio per l'acqua piovana creata nelle aree residenziali / *Storage capacities for stormwater created in residential areas*. (Source: © Town and Country Planning Association).

outdoor classroom. The students actively participated in the development of the projects. A character-defining element of the school is an eco-pavilion that holds several classrooms. It is a building that can be completely dismantled and recycled, with green roofs, natural materials and movement sensors to activate and regulate the systems. The toilets are partly drained into the sewage system, partly treated with odourless biotic processes for the transformation of wastewater into fertile land. The roof hosts a solar system. Students can observe and monitor the operation of both the wastewater treatment plant and the solar plant. Next to the school is the recycling house, built by the students themselves in straw and clay, where food waste, glass, aluminium, paper, fluorescent lamps, batteries and printer toner are recycled.

The pre-existing district heating plant has been replaced by a solar energy system that guarantees the needs of the area. The lot where the plant was located now houses residential buildings. The Augustenborg solar project was the starting point for the more complex Solar City Malmö project. In addition, in the spring of 2009 a wind station was installed near the local school.

The building redevelopment, with retrofitting and even densification interventions, has allowed us to offer high-level housing avoiding further land consumption in the city of Malmö, reducing CO_2 emissions and waste production by 20%. The long-term goal is to progressively transform buildings into passive houses.

The implementation of the car pooling system with ethanol hybrid cars also contributed to the reduction of carbon emissions into the atmosphere.

Implementation processes

From the point of view of the implementation, the process, launched in 1998 by the Municipal Council, started with the establishment of a steering committee which, under the direction of the MKB Housing Company, developed a general plan based on the needs and requests put forward by stakeholders and inhabitants. In particular, great attention was paid to listening to residents, through a program of meetings, from which the priorities for intervention emerged, namely the reduction of the cost of living and the resolution of the problem of frequent floods. The needs have therefore been translated into design solutions mainly aimed at reducing energy consumption, through the proposal of behavioural changes and partial technical solutions, as well as the implementation of the rainwater drainage system, through the creation of green roofs and basins. All interventions were previously agreed with the local inhabitants.

The active participation of the population has been and still is the key to the success of the initiative, which is in effect a process that is still ongoing. Thanks to the participation and the in-

volvement of the inhabitants it was also possible to change some initial choices. One example is the decision to close a transport line with electric trains, after only two years of operation, because it is not suitable for responding to local needs.

The real challenge now is to maintain a high level of involvement of residents, stimulating the participation and the awareness on environmental issues, including training new inhabitants. To this end, the Ekostaden Day is organized every year, also conceived as an opportunity to interact with the residents and gather their opinions, at the same time to introduce companies and local groups.

As Augustenborg at the time of its construction represented a model of a self-sufficient popular neighbourhood, even its conversion into an eco-district became a model for the redevelopment for the city of Malmö, as part of the program "Sustainable regeneration of post war housing". The success of the intervention is also witnessed by the thousands of visitors and operators who are currently studying Augustenborg as a best practice.



Fig. 6 - Canali di scolo progettati per provvedere all'autopurificazione dell'acqua / *Gutters designed to provide for some self-purification of water* (Source: https://www.vasyd.se/-/media/Documents/Informationsmaterial/Vatten-och-avlopp/Dagvatten/Augustenborg_2008_en_webb.pdf).

ficazione edilizia ha consentito di offrire alloggi di buon livello qualitativo, evitando ulteriore consumo di suolo nella città di Malmö e riducendo le emissioni di CO_2 e la produzione di rifiuti del 20%. L'obiettivo sul lungo periodo è quello di trasformare progressivamente gli edifici in case passive.

Alla riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera ha contribuito anche l'implementazione del sistema di *car pooling* con auto ibride a etanolo.

Processi attuativi

Dal punto di vista attuativo, il processo avviato nel 1998 dal consiglio comunale ha visto l'istituzione di un comitato direttivo che, sotto la direzione della MKB Housing Company, ha elaborato un piano generale basato sulle esigenze e sulle richieste avanzate dagli *stakeholder* e dagli abitanti. In particolare grande attenzione è stata posta all'ascolto dei residenti, attraverso un programma di incontri, da cui sono emerse le priorità di intervento per la popolazione, ossia la riduzione del costo della vita e la risoluzione del problema delle frequenti alluvioni. Le esigenze sono quindi state tradotte in soluzioni progettuali rivolte prevalentemente alla riduzione dei consumi energetici, attraverso la proposta di modifiche comportamentali accompagnate da parziali soluzioni tecniche, e all'implementazione del sistema di drenaggio delle acque piovane, con la realizzazione di tetti verdi e bacini a cielo aperto. Tutti gli interventi sono stati preventivamente concordati con i residenti.

Proprio la partecipazione attiva della popolazione è stata ed è tuttora la chiave del successo dell'iniziativa, che si configura a tutti gli effetti un processo ancora in itinere. Grazie alla partecipazione e al coinvolgimento degli abitanti è stato possibile anche modificare alcune scelte iniziali, come nel caso della decisione di chiudere una linea di trasporto con trenini elettrici, dopo solo due anni di esercizio, perché non idonea a rispondere alle esigenze locali.

La vera sfida ora è mantenere elevato il livello di coinvolgimento, stimolando la partecipazione e la consapevolezza sulle questioni ambientali, anche formando i nuovi abitanti. A questo scopo ogni anno è organizzato l'*Ekostaden Day*, concepito anche come occasione per interagire con gli abitanti e raccogliere le loro opinioni, e al tempo stesso facendo conoscere aziende e gruppi locali.

Come Augustenborg all'epoca della sua realizzazione era stato un modello di quartiere popolare autosufficiente, anche la sua riconversione in ecoquartiere è diventata un modello per gli interventi di riqualificazione e di sviluppo della città di Malmö, nell'ambito del programma "*Sustainable regeneration of post war housing*". Il buon esito dell'intervento è testimoniato anche dalle migliaia di visitatori e operatori che oggi studiano Augustenborg come *best practice*.

References

EEA - European Environment Agency (2011), "Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems", available at: https://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-territorial-cohesion/at_download/file.

Rolfsdotter-Jansson, C. & Damanco Community (2014), " Ekostaden Augustenborg - on the way towards a sustainable neighbourhood", available at: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo/augustenborg-brochure.pdf.

Websites

https://malmo.se/Nice-to-know-about-Malmo/Sustainable-Malmo-/Sustainable-Urban-Development/Augustenborg-Eco-City.html

https://greenroof.se/en/

https://naturvation.eu/nbs/malmo/eco-city-augustenborg

Hammarby Sjostad: rigenerazione urbana a Stoccolma
Hammarby Sjostad: Urban Regeneration in Stockholm

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Time of realization	1993-2015
Location	Hammarby Sjostad, Stockholm, Sweden
Climate zone	Cfb
Hazard	Floodings, heatwaves
Intervention scale	Town
Level of governance	Birka Energy, Stockholm Water Company, Stockholm Waste Management Office

La Svezia ha da sempre posto particolare attenzione alle tematiche ambientali. Già nel 1999, attraverso l'entrata in vigore dell'*Environmental Code*, sono state integrate le tematiche ambientali nei documenti di pianificazione vigenti con l'obiettivo di ridurre le emissioni a livello nazionale del 50% entro il 2050. Stoccolma è stata una delle prime città a far propri i problemi dei cambiamenti climatici e cercare soluzioni che si adattassero e/o mitigassero questi stessi.

A tal fine è nato a Stoccolma, il centro di ricerca *Stockholm Resilience Institute*, che opera ormai dalla seconda metà degli anni Novanta nell'ambito della Resilience Alliance, che coordina autorevoli istituti scientifici internazionali ed università (quali: IATP, ESA, Emory, UWisc, CSIRO, ARM/UFL, CRNR-Sweden, IES/ WWF-Zimbabwe, Carleton U LE Lab, IIASA) coinvolti nell'approfondimento teorico e pratico della resilienza.

L'approvazione dell'*Action Programme on Climate Change*, inoltre, ha coinvolto sia il sistema economico locale che la popolazione, ottenendo così una ridu-

Sweden has always paid particular attention to environmental issues. Already in 1999, through the entry into force of the Environmental Code, environmental issues were integrated into existing planning documents with the goal of reducing emissions at national level by 50% by 2050. Stockholm was one of the first cities to take on board the problems of climate change and seek solutions to adapt and/or mitigate them.

To this end, the Stockholm Resilience Institute, which has been operating since the second half of the 1990s as part of the Resilience Alliance, which coordinates authoritative international scientific institutes and universities (such as: IATP, ESA, Emory, UWisc, CSIRO, ARM/UFL, CRNR-Sweden, IES/ WWF-Zimbabwe, Carleton U LE Lab, IIASA) involved in the theoretical and practical study of resilience.



Fig. 1 - Area di progetto di Stoccolma / *Stockholm site of project* (Source: Urban exposure for CABE, City of Stockholm, Hammarby Sjostad Case Study | CP 249 Urban Design in Planning 2007).

The approving of the Action Programme on Climate Change also involved both the local economic system and the population, thus achieving a significant reduction in $C0_2$ emissions. More specifically, the project of Hammarby Sjostad, an industrial area now destined for residential and office use, is analysed.

The project, in line with Agenda 21 policy actions, aims to promote the integrated provision of environmental infrastructure and is also an example of a successful partnership between three municipal services: Birka Energy, Stockholm Water Company and the Stockholm Waste Management Office.

The planning process of the district has developed according to the typical forms of the compact city. The intervention takes the form of a pilot project regarding the reduction of environmental impact with the specific goal of reducing emissions by at least 50% with compatible technologies.

They are aimed at improving the sustainability of the neighbourhood and concern the extension of the heat network to the new neighbourhood and the use of waste as the main fuel.

Keywords

Adaptation, climate change, mitigation, Nature-Based Solu-

zione significativa delle emissioni di $C0_2$. Nello specifico si analizza il progetto di Hammarby Sjostad, area industriale destinata ora ad usi residenziali e uffici.

Il progetto, in coerenza con le azioni politiche Agenda 21, mira a promuovere la fornitura integrata di infrastrutture ambientali e rappresenta, inoltre, un esempio di partnership di successo fra tre servizi comunali: Birka Energy, Stockholm Water Company e Ufficio gestione rifiuti di Stoccolma.

Il processo di pianificazione del quartiere si è sviluppato secondo le forme tipiche della città compatta. L'intervento si configura come un progetto pilota riguardo la riduzione dell'impatto ambientale con l'obiettivo specifico di ridurre le emissioni di almeno il 50% attraverso l'utilizzo di tecnologie compatibili.Queste sono rivolte al miglioramento della sostenibilità del quartiere e riguardano l'estensione della rete di calore al nuovo quartiere e l'utilizzo dei rifiuti come combustibile principale.

Parole chiave

Adaptation, climate change, mitigation, Nature-Based Solution, Rigenerazione urbana

Obiettivi

La Svezia, con il progetto di Hammarby Sjostad mira a sviluppare un sistema integrato a circuito chiuso del quale fanno parte l'infrastruttura per acqua, i rifiuti e



Fig. 2 - Area di progetto di Stoccolma / *Stockholm area of project* (Source: Jonas Risén Hammarby Sjöstad , Stockholm).

l'energia, e a promuovere le partnership tra differenti enti, sia pubblici che privati.

A tal fine vengono identificati specifici target, quali il sistema delle aree verdi, la salvaguardia delle caratteristiche dell'ambiente naturale, le rive del lago e dei canali, la vegetazione lacustre; il mantenimento dei corridoi del verde e la compensazione in caso di interruzione; la decontaminazione dei suoli e delle acque; la preservazione dei suoli e il riuso del territorio urbanizzato.

Il progetto di pianificazione del quartiere si è sviluppato secondo le forme tipiche della città compatta ed ha svolto azioni sulla base dei seguenti principi: acqua, energia, rifiuti e riciclo e spazi verdi. Nello specifico a Stoccolma vengono, infatti, trattate le problematiche inerenti le componenti ambientali, clima/microclima, acqua, suolo e aria.

- Clima/Microclima

A Stoccolma l'alterazione del bilancio energetico del sistema climatico è attribuibile principalmente alla variazione e aumento di gas serra e aerosol nell'atmosfera, causando principalmente il riscaldamento terrestre dal quale dipendono numerose problematiche quali il fenomeno dell'isola di calore.

- Acqua

Il cambiamento climatico individua ormai periodi intensi di pioggia e periodi di siccità, aggravando anche i problemi di disponibilità idrica già presenti.

Stoccolma, infatti, pone una particolare attenzione alla problematica dell'acqua e al deflusso della stessa. Pertanto, per ridurre la quantità di deflusso, l'acqua di superficie dopo essere stata trattata e filtrata viene immessa nel lago Hammarby Sjo per ri-energizzare i livelli dello stesso lago d'acqua.

- Suolo

All'interno di questa componente ambientale si ritrova la problematica dei rifiuti, della contaminazione del suolo e della salvaguardia e riuso del territorio urbanizzato.

- Aria:

tion, Urban regeneration.

Goals

Sweden, with the Hammarby Sjostad project, aims to develop an integrated closed-circuit system including water, waste and energy infrastructure, and to promote partnerships between different bodies, both public and private.

To this end, specific targets are identified, such as the Green Areas System, the preservation of the characteristics of the natural environment, the shores of the lake and the canals, the lake vegetation, the maintenance of the green corridors and compensation in case of interruption, the decontamination of soils and waters, the preservation of soils and the reuse of the urbanized territory.

The district planning project has developed according to the typical forms of the compact city and has carried out actions based on the following principles: water, energy, waste and recycling and green spaces.

Specifically in Stockholm, the problems related to the environmental components are dealt: climate/microclimate, water, soil, air.

Climate/Microclimate

In Stockholm the alteration of the energy balance of the climate, system is mainly attributable to the variation and increase of greenhouse gases and aerosols in the atmosphere, mainly causing global warming on which many problems such as the heat island phenomenon depend.



Fig. 3 - Hammarby Sjöstad, Sweden/ *Hammarby Sjöstad, Sweden* (Source: Jonas Risén Hammarby Sjöstad , Stockholm).

- *Water:*

Climate change now identifies intense periods of rain and drought, aggravating the water availability problems already present. Stockholm, in fact, pays particular attention to the problem of water and water runoff.

Therefore, in order to reduce the amount of runoff, surface water after being treated and filtered is fed into Lake Hammarby Sjo to re-energise the levels of the lake itself.

- *Soil:*

Within this environmental component, there is the problem of waste, soil contamination and the preservation and reuse of the urbanized territory.

- *Air:*

Stockholm's air today is better than it was 30-40 years ago, but the nitrogen dioxide particles in the air are still high, especially on busy roads.

Adaptation strategies and actions

To reduce the amount of runoff entering the drainage system at Hammarby Sjostad, where the water is purified and filtered and then flows into Lake Hammarby Sjo and re-energizes the lake water levels.

L'aria di Stoccolma al giorno d'oggi è migliorata rispetto a 30-40 anni fa, ma ancora le particelle di diossido di azoto presenti nell'aria sono alte, soprattutto nelle strade più trafficate.

Strategie e azioni di adattamento

Per ridurre la quantità di deflusso che entra nel sistema di drenaggio di Hammarby Sjostad, dove l'acqua viene depurata e filtrata per immettersi poi nel lago Hammarby Sjo e ri-energizzare i livelli del lago d'acqua. Inoltre, vengono utilizzati i giardini pensili, che servono anche a ridurre il deflusso del tetto durante gli eventi climatici violenti, consentendo all'acqua di essere assorbita attraverso le piante che alla fine porterà alla traspirazione.

Le azioni individuate per l'adattamento alle precipitazioni intense, nello specifico la raccolta dell'acqua in bacini per l'immissione e la rigenerazione dei livelli dell'acqua del lago Hammarby Sjo, possono avere un risvolto positivo anche per superare i momenti di siccità.

A tal fine vengono identificati specifici target, quali il sistema delle aree verdi, la preservazione delle caratteristiche dell'ambiente naturale, le rive del lago e dei canali, la vegetazione lacustre; il mantenimento dei corridoi del verde e la compensazione in caso di interruzione; la decontaminazione dei suoli e delle acque; la preservazione dei suoli e il riuso del territorio urbanizzato.



Fig. 4 - Piazze d'acqua di Stoccolma / *Stockholm Water Squares* (Source: Hammarby Sjostad Case Study | CP 249 Urban Design in Planning 2007).

Soluzioni adattive

Nel quartiere Hammarby Sjöstad l'acqua rappresenta la principale fonte energetica. Biomasse, biogas, pannelli solari, idrogeno e una centrale idroelettrica garantiscono agli oltre 8 mila appartamenti una copertura quasi totale del fabbisogno energetico.

Hammarby Sjöstad dispone di un sistema di riciclo a circuito chiuso, in cui gli abitanti "contribuiscono" fino al 50% dell'energia necessaria, semplicemente producendo rifiuti, mentre il restante 50% deriva da altre fonti pulite, quali pannelli solari, centrali idriche ed eoliche. Tutti gli scarichi domestici del quartiere, sia solidi che liquidi, vengono convogliati in enormi cisterne nel sottosuolo dove i liquidi, attraverso opportuni trattamenti, formano biogas immediatamente riutilizzato nelle cucine dei medesimi edifici, mentre i residui solidi vengono successivamente prelevati e trasformati in concime.

Sono stati realizzati vari parchi, spazi verdi e piste pedonali creando una rete di comunicazione tra essi per mitigare paesaggio urbano denso del costruito. La vegetazione, inoltre, avrà anche il ruolo di filtraggio dell'acqua piovana degli agenti inquinanti.

Per la riduzione di utilizzo di riscaldamenti e aria condizionata e, conseguentemente dell'effetto isola di calore, la fornitura di calore di Hammarby è la centrale termica, la quale estrae il calore residuo dal trattamento delle acque reflue.

Il calore prodotto attraverso questo processo di purificazione è anch'esso riciclato per l'uso presso un'unità di teleriscaldamento.

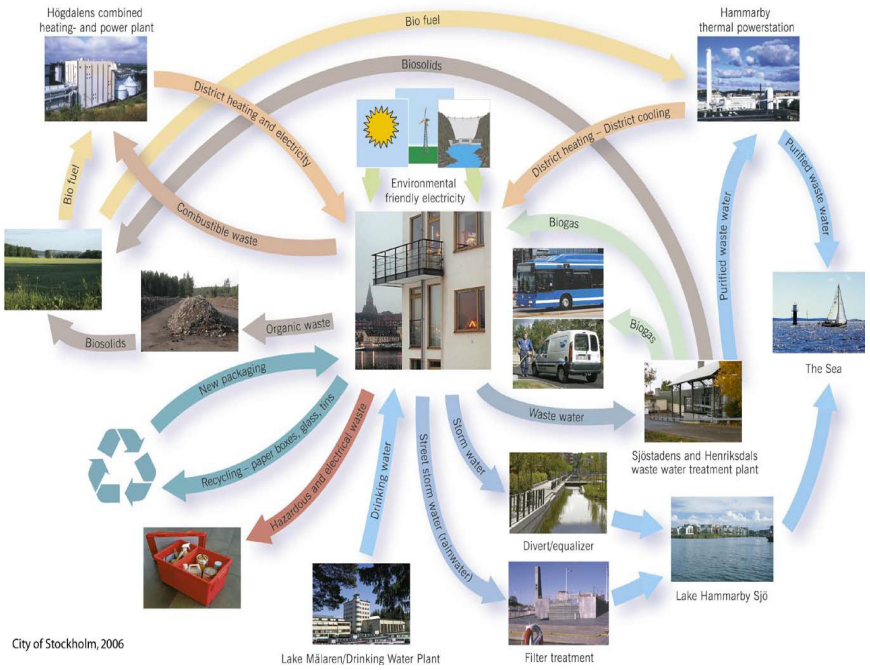


Fig. 5 - Hammarby Ecocycle Model / *Hammarby Ecocycle Model* (Source: Hammarby Sjostad Case Study | CP 249 Urban Design in Planning 2007).

Moreover, roof gardens are used, which also serve to reduce roof runoff during violent weather events, allowing water to be absorbed through the plants which will eventually lead to perspiration.

The actions identified for adaptation to heavy rainfall, specifically the collection of water in reservoirs for the input and regeneration of water levels in Lake Hammarby Sjo, can also have a positive effect in overcoming droughts in the specific area.

To this goal, specific targets are identified, such as the Green Areas System, the preservation of the characteristics of the natural environment, the shores of the lake and the canals, the lake vegetation; the maintenance of the green corridors and compensation in case of interruption; the decontamination of soils and waters; the preservation of soils and the reuse of the urbanized territory.

Adaptive solutions

In the Hammarby Sjöstad district, water is the main source of energy. Biomass, biogas, solar panels, hydrogen and a hydroelectric power plant ensure that the more than 8,000 apartments cover almost all energy needs.

Hammarby Sjöstad has a closed-loop recycling system, in which the inhabitants contribute up to 50% of the necessary energy, simply by producing waste, while the remaining 50% comes from other clean sources, such as solar panels, water and wind power plants.

All of the district's domestic waste, both solid and liquid, is conveyed into huge underground tanks where the liquids, through appropriate treatments, form biogas that is immediately reused in the kitchens of the same buildings, while the solid residues are subsequently collected and transformed into fertilizer.

Various parks, green spaces and footpaths have been created, creating a communication network between them to mitigate the dense urban landscape of the built environment. The vegetation will also have the role of filtering rainwater from pollutants.

To reduce the use of heating and air conditioning and, consequently, the heat island effect, Hammarby's heat supply is the thermal power plant, which extracts the waste heat from wastewater treatment. The heat produced through this purification process is also recycled for use in a district heating unit.

Execution processes

Stockholm aims to develop implementation processes aimed at integrating the environmental programme into the planning process, providing new digital platforms (such as https://www.

stockholmresilience.org/) to discuss local environmental goals, and ensuring the inclusion of all stakeholders, a key component of the process, in order to implement innovative technical solutions.

To this end, the "Hammarby Model" was developed through cooperation between Birka Energy, Stockholm Water Company and the Stockholm City Waste Management Office.

This model aims not only at energy production, but also at waste recovery with an overall waste reduction of 20% compared to the average of all new inland cities.

Processi attuativi

Stoccolma si propone di sviluppare dei processi attuativi che mirano a integrare il programma ambientale nel processo di pianificazione, fornendo nuove piattaforme digitali (come https://www.stockholmresilience.org/) per discutere gli obiettivi ambientali locali, e garantire l'inclusione di tutte le parti interessate, componente chiave del processo, al fine di mettere in atto soluzioni tecniche innovative.

A tal fine è stato sviluppato il modello "Hammarby Model" attraverso la cooperazione tra Birka Energy, Stoccolma Water Company e l'Ufficio gestione rifiuti della città di Stoccolma. Questo modello mira non solo alla produzione di energia, ma anche al recupero dei rifiuti con una riduzione complessiva degli stessi del 20%, rispetto alla media di tutte le nuove città interne.

References

AA.VV. (2007), *Hammarby Sjöstad – A unique environmental project in Stockholm*, Alfaprint.

Abbate, C. & Vigevano, C. (2009), "Casi Studio Internazionali: Hammarby Sjostad – Stoccolma (SE)", available at: http://www.cittasostenibili.it/Hammarby%20Sjostadt%20Stoccolma.pdf.

Chen, X. (2005), "What is a Sustainable City?", available at: http://english.people.com.cn/200610/25/print20061025_314991.html.

Commission for Architecture and the Built Environment (2005), "Hammarby SjöStad Stockholm", available at: www.cabe.org.uk.

Gaffney, A., Huang, V., Maravilla, K. & Soubotin, N. (2007), "Hammarby Sjostad Case Study", available at: http://www.aeg7.com/assets/publications/hammarby%20sjostad.pdf

Risén, J. (2007), "Case study - Hammarby Sjöstad" available at: http://www.solaripedia.com/files/717.pdf.

Sweden Development Administration (2007) "Stockholm City. Hammarby Sjöstad", available at: www.stockholm.se/hammarbysjostad.

Sweden. Exploateringskontoret (2005) *Stockholm City. History of Lake Hammarby Sjö*, Stockholm: Exploateringskontoret.

Sweden. Exploateringskontoret (2005) *Stockholm City. The Hammarby Model*, Stockholm: Exploateringskontoret.

Websites

http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art39/

https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art39/

https://www.resalliance.org/

https://www.stockholmresilience.org/

https://urbandesignpoliba.wordpress.com/2015/03/31/hammarby-sjostad-stockholm/

Uno spazio verde sospeso a Dallas: Klyde Warren Park
A Suspended Green Space in Dallas: the Klyde Warren Park

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Time of realization	2009-2012; 2018-on going
Location	Dallas, Texas, USA
Climate zone	Cfa
Hazard	Floodings, heatwaves, air pollution
Intervention scale	Town
Level of governance	Public-Private Parnership, Woodall Rogers Park Foundation

Klyde Warren Park è il più grande *deck park* al mondo, realizzato con una struttura a ponte sulla superstrada urbana Woodall Rogers, una infrastruttura dismessa di otto corsie che attraversa la città di Dallas collegando l'Uptown con l'Arts District. La prima proposta di realizzare un parco in questo sito è attribuita al sindaco della città J. Erik Jonsson negli anni Sessanta, alla quale sono seguiti dibattiti e proposte, senza però che si pervenisse a risultati concreti. La svolta è da ricondurre all'azione di John Zogg e di una organizzazione di investitori immobiliari di Dallas che hanno messo a disposizione 1 milione di dollari per finanziare lo studio e il progetto di fattibilità. Tale iniziativa ha suscitato l'interesse anche della Texas Capital Bank e del suo fondatore Jody Grant, che hanno contribuito ciascuno con 1 milione i dollari, anche alla luce delle opportunità immobiliari che la trasformazione avrebbe prodotto. Gli esiti degli studi sono stati positivi e, nel 2004, Grant, Zogg e Linda Owen hanno fondato la Woodall Rodgers Park Foundation, con l'obiettivo di trasformare l'idea in un'opera concreta. La Fondazione ha gestito l'intero processo, dall'ideazione alla costruzione, iniziata nel 2009 e completata nel 2012.

Il parco è stato progettato dall'architetto paesaggista Jim Burnett e realizzato con un partenariato economico costituito dalla municipalità di Dallas e da donatori privati. Il costo complessivo di 110 milioni di dollari è stato coperto da 20 milioni derivanti da fondi obbligazionari della città di Dallas, 20 milioni da fondi autostradali e 16,7 milioni da ulteriori fondi "di stimolo" assegnati per il miglioramento delle infrastrutture, oltre a 50 milioni provenienti da donazioni private. Si tratta quindi di un'opera di proprietà della municipalità, gestita però privatamente da una fondazione, la Woodall Rodgers Park, che si occupa di tutte le attività, dalla programmazione, gestione e manutenzione degli interventi fino alla raccolta e impiego di finanziamenti privati. Un intervento iconico per le sue caratteristiche strutturali e ambientali, che progressivamente è diventata un luogo di attrazione anche turistica, caratterizzando fisicamente e culturalmente una ampia zona della città.

Parole chiave
Rigenerazione urbana, *green infrastructure, Nature-Based Solution*, resilienza urbana

Klyde Warren Park is the largest deck park in the world, built with a bridge structure on the Woodall Rogers urban freeway, an abandoned eight-lane infrastructure that runs through the city of Dallas connecting Uptown with the Arts District. The first proposal to build a park on this site dates back to Sixties by the mayor of the city J. Erik Jonsson, which was followed by debates and proposals, without however reaching concrete results. The turning point is due to the action of John Zogg and a Dallas real estate investor organization that made $ 1 million available to finance the feasibility study and the project. This initiative has also attracted the interest of the Texas Capital Bank and its founder Jody Grant, who each contributed $ 1 million, also thanks to the real estate opportunities related to the transformation. The results of the studies were positive and, in 2004, Grant, Zogg and Linda Owen founded the Woodall Rodgers Park Foundation, with the aim of transforming the idea into a concrete work. The Foundation managed the entire process, from the concept to the construction, which began in 2009 and completed in 2012.

The park was designed by the landscape architect Jim Burnett and built with an economic partnership between the Municipality of Dallas and private donors. The total cost of 110 million dollars was covered by 20 million from Municipality of Dallas bond funds, 20 million from highway funds and 16.7 million from additional "stimulus" funds allocated for infrastructure improvement, in addition to 50 million from private donations. Therefore, this is a work owned by the Municipality, privately managed by the Woodall Rodgers Park Foundation which deals with all activities, from planning, management and maintenance of interventions to the collection and use of private funding. An iconic intervention for its structural and environmental characteristi-

cs, that has gradually become a place of attraction even for tourists, physically and culturally characterizing a large area of the city.

Keywords
Urban regeneration, green infrastructure, Nature-Based Solution, urban resilience

Goals

The project was developed with the objectives of:

- *tincreasing the attractiveness of the city of Dallas;*
- *reducing the heat island effect;*
- *controlling the runoff regulation system and the incidence and damage deriving from atmospheric precipitation;*
- *improving air quality in an area historically characterized by the presence of an important fast-flowing road infrastructure;*
- *implementing services to the community ;*
- *implementing economic development with investments of over 300 million dollars, and with consequent tax revenues in favor of the municipality of approximately 13 million dollars.*

Adaptation strategies and actions

First of all, the intervention is an innovative structural engineering work integrated with the existing freeway crossing system, consisting of 4 large driveways in reinforced concrete. The large plate is made up of over 300 reinforced concrete beams laid in trellis, always connected by concrete slabs, to form a lightweight box-shaped structure that extends over an area of 2.1 hectares. The depth of the empty spaces between the beams allows the planting of 322 trees of 37 native species without increasing the size of the slab. The entire design and construction process was managed by Bjerke Management Solutions while the park and engineering works were developed by: The Office of James Burnett and Jacobs Engineering Group respectively.

The concept of the park focuses on the paths and in particular on the sense of discovery along the succession of the different thematic "rooms". The pedestrian paths are divided into different areas, with playgrounds for children, the botanical garden, which extends around a long pedestrian walk, spaces for shows, with artifacts built specifically such as the large fountain plaza and the 560 sqm stage designed by Thomas Phifer and Partners. There are also spaces for reading, catering, a dog area, as well as a large area with free lawns.

The park is connected through the M-line, a modern tramline, to the city center and the Arts District, and the connection with the Katy Trail, the pedestrian and bicycle path obtained from the decommissioning and redevelopment of the old railway line Missouri-Kansas-Texas, which runs through the Uptown and Oak Lawn areas of Dallas.

Obiettivi

Il progetto è stato sviluppato con gli obiettivi di:

- incrementare l'attrattività della città di Dallas;
- ridurre l'effetto di isola di calore;
- controllare il sistema di regolazione del runoff e l'incidenza dei danni derivanti dalle precipitazioni atmosferiche;
- migliorare la qualità dell'aria, in una zona della città storicamente caratterizzata dalla presenza di una importante infrastruttura viaria a scorrimento veloce;
- implementare i servizi alla collettività;
- implementare lo sviluppo economico con investimenti di oltre 300 milioni di dollari, e con conseguenti entrate fiscali a favore della municipalità di circa 13 milioni di dollari.

Strategie e azioni di adattamento

L'intervento è innanzi tutto un'innovativa opera di ingegneria strutturale che si integra con il sistema di attraversamento della superstrada già esistente, costituito da 4 ampi ponti carrabili in calcestruzzo armato. La grande piastra si compone di oltre 300 travi posate a graticcio, collegate da lastre sempre di calcestruzzo, a formare una struttura scatolare alleggerita che si estende per una superficie di 2,1 ettari. La profondità degli spazi vuoti tra le travi consente la messa a dimora di 322 alberi di 37 specie autoctone senza aumentare la dimensione della soletta. L'intero processo di progettazione e costruzione è stato gestito dalla Bjerke Management Solutions mentre il progetto del parco e delle opere di ingegneria sono state sviluppate rispettivamente da: The Office of James Burnett e Jacobs Engineering Group.

Il concept del parco è incentrato sui percorsi e in particolare sul senso di scoperta lungo il susseguirsi delle diverse "stanze" tematiche. I percorsi si articolano nelle diverse aree, con spazi dedicati al gioco dei bambini, al giardino botanico, che si estende attorno a una lunga passeggiata pedonale, e agli spettacoli, con manufatti costruiti appositamente quali la grande piazza della fontana e il palcoscenico di 560 mq progettato da Thomas Phifer and Partners. Sono inoltre previsti spazi dedicati alla lettura, alla ristorazione, una zona cani, nonché un'ampia area destina a prato libero. Il parco è collegato attraverso la M-line, una moderna linea di tram, al centro città e al Quar-

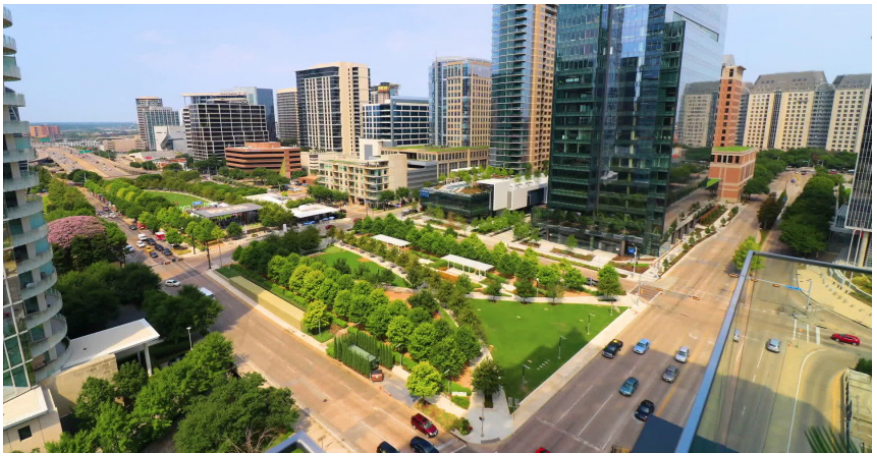


Fig. 1 - Vista d'insieme del parco e della zona Uptown / *View of the park and of the Uptown district*. (Source: https://www.klydewarrenpark.org/).

tiere delle Arti, ed è in previsione il raccordo con il Katy Trail, il percorso pedonale e ciclabile ricavato dalla dismissione e riqualificazione della vecchia linea ferroviaria Missouri-Kansas-Texas, che attraversa le aree dell'Uptown e del Oak Lawn di Dallas.

Soluzioni adattive

Significativi sono stati i risultati ottenuti dal punto di vista ambientale, sociale e sostenibilità economica. Dal punto di vita ambientale la messa a dimora di 322 alberi ha consentito di intercettare oltre 240.000 litri d'acqua piovana all'anno, prima dell'immissione nel sistema fognario pubblico. Dal punto di vista energetico il parco ha sperimento soluzioni orientate alla sostenibilità, come l'utilizzo di pannelli solari e vetri ad alta efficienza, il sistema di raffreddamento geotermico, l'irrigazione con un sistema a basso consumo di acqua e apparecchi di illuminazione a LED. Oltre ai vantaggi determinati dalla riduzione delle corsie per il traffico veicolare, i nuovi alberi messi a dimora nel parco assorbono circa 8.400 kg di CO_2 all'anno, equivalente a quanta ne emette un veicolo a motore che percorre 36.400 km. Notevole è anche la differenza tra la temperatura registrata all'interno del parco e nelle zone circostanti, pari a circa 5 gradi durante una settimana di osservazioni nel periodo estivo (dati raccolti da Park Foundation nel 2013). Per le sue caratteristiche e le soluzioni ambientali adottate il parco ha ottenuto la certificazione LEED Gold nella categoria "Nuova costruzione" dal Green Building Council degli Stati Uniti (USGBC).

Gli esiti di una ricerca condotta nel 2013 da alcuni studiosi dell'Università del Texas evidenziano, con riferimento alle ricadute sociali e culturali, un notevole miglioramento della qualità di vita indotto dalla presenza del parco. In particolare, su un campione di 224 utenti intervistati, emerge che la presenza di una nuova area verde induce un miglioramento della qualità della vita per il 90.1% degli intervistati, riducendo lo stress e creando un senso di appartenenza al luogo. Sempre per lo stesso campione, la presenza del parco promuove una vita più sana per l'86,3% e induce comportamenti attivi di partecipazione all'aria aperta per il 69%. Durante il primo anno di apertura al pubblico si sono registrati oltre 1 milione di visitatori con un picco di 40.000 nel primo fine settimana (Ozdil et al., 2013). La realizzazione del nuovo parco ha altresì contribuito significativamente a generare un incremento dello



Fig. 2 - Sistemazione del verde e degli spazi di fruizione / *Arrangement of the green and fruition spaces.* (Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Klyde_Warren_Park#/media/File:KWP_East_Side.jpg).

Adaptive solutions

The results obtained from an environmental, social and economic sustainability point of view were significant. From an environmental point of view, the planting of 322 trees allowed to intercept over 240.000 liters of rainwater per year, before the release into the public sewage system. From the energy point of view, the park has experimented with innovative solutions oriented towards sustainability, such as the use of solar panels and high efficiency glass, the geothermal cooling system, irrigation with a low water consumption system and lighting fixtures LED. In addition to the advantages brought about by the reduction of lanes for vehicular traffic, the new trees planted in the park absorb around 8,400 kg of CO_2 per year, equivalent to the emissions of a motor vehicle travelling for 36.400 km. Noteworthy is also the difference between the temperature recorded inside the park and in the surrounding areas, equal to about 5 degrees during a week of observations in the summer (data collected by Park Foundation in 2013). For its characteristics and the environmental solutions adopted, the park has obtained LEED Gold certification in the "new construction" category from the United States Green Building Council (USGBC).

The results of a research conducted in 2013 by some scholars of the University of Texas highlight, with reference to social and cultural impacts, a significant improvement in the quality of life induced by the presence of the park. In particular, out of a sample of 224 users interviewed, it emerges that the presence of a new green area induces an improvement in the quality of life for 90.1% of the interviewees, reducing stress and creating a sense of belonging for the place. For the same survey sample, the presence of the park promotes a healthier life for 86.3% and induces active participation behavior in the open air for 69%. During the first year of opening to the public there were over 1 million visitors with a peak of 40.000 in the first weekend (Ozdil et al., 2013). The construction of the new park has also contributed significantly to generating an increase in economic development valued at approximately $ 300 million with consequent revenues from tax revenues of approximately $ 13 million. These spillovers also translated into jobs: over 170 temporary jobs during construction and 8 full-time and 5 part-time positions in the structures and activities in the park. The value of the surrounding properties also increased significantly. The example of the McKinney Tower, a 21-storey building built in 2000, which saw an increase of 65%, compared to the market value of 32.255.970 dollars recorded in 2008, equal to an expected value of 291.175.000 of dollars in 2013 (LAF, 2013).

Implementation processes

The implementation process started with the action of some en-

trepreneurs in the real estate sector who first believed in the sustainability of the project, triggering a sharing mechanism that gradually involved other private operators and public bodies. The ownership of the area remained with the public body, while the construction and management of the park and the artifacts were carried out directly by the Woodall Rodgers Park Foundation, which was thus able to operate with the slenderness and incisiveness typical of private operators. The original idea envisaged a very broad intervention which was only partially implemented in 2013, leaving the completion of the physical and cultural project to a second intervention. In 2018 the second phase began with the involvement of new operators. The Woodall Rodgers Park Foundation and the Visit Dallas tourist information center have formed a partnership with the aim of completing the original project of Klyde Warren Park, with the annexation of the area of approximately 5.000 square meters located west of St. Paul Street. The project involves the construction of the 20.000 square meter pavilion intended to house the VisitDallas Experience Center, an innovative visitor center that combines the usual services for tourists with an interactive offer on the history of the city of Dallas. The new buildings, which will cost $ 76 million, will include additional green areas and public spaces.

sviluppo economico valutato in circa 300 milioni di dollari con conseguenti entrate derivanti dal gettito fiscale di circa 13 milioni di dollari. Tali ricadute si sono tradotte anche in posti di lavoro: oltre 170 posti temporanei durante la costruzione e 8 posizioni a tempo pieno e 5 a tempo parziale nelle strutture e attività presenti nel parco. Anche il valore degli immobili circostanti ha registrato un importante incremento. Paradigmatico l'esempio della McKinney Tower, edificio di 21 piani costruito nel 2000, che ha visto un aumento del 65%, rispetto al valore di mercato di 32.255.970 di dollari registrato nel 2008, pari ad un valore previsto di 291.175.000 di dollari alla conclusione della realizzazione (LAF, 2013).

Processi attuativi

Il processo attuativo è stato avviato da alcuni imprenditori del settore immobiliare che per primi hanno creduto nella sostenibilità del progetto, innescando un meccanismo di condivisione che progressivamente ha coinvolto altri operatori privati ed enti pubblici. La proprietà dell'area è rimasta in capo all'ente pubblico, mentre la costruzione e la gestione sono state eseguite dalla fondazione *Woodall Rodgers Park*, che ha potuto così operare con la snellezza e incisività tipiche degli operatori privati.

L'idea originaria prevedeva un intervento molto ampio che è stato realizzato solo in parte nel 2013, demandando a un secondo intervento il completamento del progetto fisico e culturale. Nel 2018 ha preso avvio la seconda fase con il coinvolgimento di nuovi operatori. La *Woodall Rodgers Park Foundation* e il centro di informazioni turistiche *Visit Dallas* hanno costituito un partenariato con l'obiettivo di completare il progetto originario annettendo un'area di circa 5.000 mq ubicata ad ovest di St. Paul Street. Il progetto prevede la realizzazione del padiglione di 20.000 mq destinato a ospitare il *Visit Dallas Experience Center*, un innovativo centro visitatori che abbina ai consueti servizi a favore dei turisti un'offerta interattiva sulla storia della città di Dallas. I nuovi manufatti, che costeranno 76 milioni di dollari, includeranno ulteriori aree verdi e spazi pubblici.

References

Barshop, C. (2013), *Klyde Warren Park Adds Green Space "Out of Thin Air"*, IREM in-line, Dallas.

Brake, A. G. (2013), "Can a new highway-cap park unite Downtown Dallas in a pedestrian-friendly planning?", available at: https://www.archpaper.com/2013/01/klyde-warren-park/.

Owen, L. (2010), "Woodall Rogers Park Foundation: City Council Briefing", available at: http://www.dallascityhall.com/council_briefings/briefings0210/WoodallRogersPark_021710.pdf.

Ozdil, T., Modi, S, Stewart, D. (2013). *2013 LAF's CSI Program Landscape Performance Series: Klyde Warren Park Methodology*, The University of Texas at Arlington, Arlington.

Settle, W. (2012), "Will Klyde Warren Park be able to live up to its promises?", available at: http://www.pegasusnews.com/news/2012/oct/08/klyde-warren-park-dallas/

Wilonsky, R. (2013), "City hopes Klyde Warren Park improvement district will improve everything from Perot Museum to Arts District", available at: http://cityhallblog.dallasnews.com/2013/06/city-hopes-klyde-warren-park-improvement-district-will-improve-everything-from-perot-museum-to-arts-district.html/

Websites

http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies

http://www.ojb.com/news-89/Klyde-Warren-Park-Wins-Best-Community-Impact-award-in-D-magazine-awards/

http://www.ojb.com/news-87/Klyde-Warren-Park-Featured-in-IREM-magazine/

http://reconnectaustin.com/precedents/klyde-warren-park/

Forestazione urbana a Bologna: il Progetto Gaia
Urban Forestry in Bologna: the Gaia's Project

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*
Giulio Hasanaj, *Università degli Studi di Firenze*

Time of realization	2015-2018
Localization	Bologna, Italy
Climate zone (Koppen)	Cs-a
Hazard	Urban heat island
Intervention scale	Neighborhood
Governance level	Public and private partnership
Type of intervention	Urban forestry in public and private spaces

Lo scopo del progetto di forestazione urbana GAIA, *Green Areas Inner-city Agreement*, è quello di contrastare i cambiamenti climatici attraverso la messa a dimora di nuovi alberi sul territorio comunale di Bologna. L'intervento coincide con gli obiettivi di adattamento previsti della città, tra i quali la piantumazione di 5000 nuovi alberi, gli interventi di *greening* in quattro spazi pubblici del centro, la prevenzione agli effetti delle ondate di calore e l'aumento della resilienza delle infrastrutture urbane (Gabellini et al., 2015). Il raggiungimento di questi obiettivi contribuisce da un lato, alla riduzione della vulnerabilità dovuta agli impatti dell'isola di calore in area urbana, dall'altro, incrementa la capacità di adattamento a fronte di eventi metereologici sempre più estremi ed intensi (Climate Adapt, 2016; IPCC, 2018). Il verde urbano nella pratica di *urban forestry* riveste un ruolo fondamentale nel controllo delle emissioni, nella protezione del suolo, nel miglioramento della qualità dell'aria e del microclima, controllando l'effetto "isola di calore" e aumentando la vivibilità delle città (Fini et al., 2016).

GAIA è stato promosso dal Comune di Bologna in collaborazione con Fondazione Anci Ricerche, Impronta Etica, Istituto di Biometereologia CNR di Bologna e Unindustria Bologna. Il progetto si basa sull'attivazione di partnership pubblico-privato al fine di compensare le emissioni inquinanti delle attività produttive, attraverso un contributo economico destinato alla piantumazione di nuovi alberi. La compensazione ambientale si avvale dell'indice di "*carbon footprint*" che permette di misurare le emissioni aziendali di CO_2 di ogni singolo prodotto, processo o servizio. La sottoscrizione del protocollo d'intesa da parte dell'azienda impegna il Comune nella messa a dimora degli alberi, nel garantire la manutenzione straordinaria delle piante per i primi tre anni e la presa in carico della manutenzione ordinaria per gli anni successivi (Comune di Bologna, 2013; LIFE+, 2013). Il Comune di Bologna nel 2013, con una delibera di giunta (PG.147297/2013), visti i risultati raggiunti dall'iniziativa ha deciso di fare del Progetto GAIA uno degli strumenti dell'amministrazione cittadina per ridurre le emissioni di CO_2.

Obiettivi

Bologna, come molte città dell'Europa meridionale, sta affrontando i fenomeni legati al cambiamento climatico in termini di temperature estreme, siccità e nubi-

The aim of the project GAIA, Green Areas inner-city Agreement, is to fight climate change through the planting of new trees in the municipal territory of Bologna. The intervention is looking towards of objectives of the city including the planting of 5000 new trees, interventions of urban greening in 4 public spaces of the center, prevention of heat waves effects and increase resilience of urban infrastructure (Gabellini et al., 2015). The achievement of these objectives contributes, on the one hand, to reduce vulnerability due to the impacts of the heat island, on the other, it increases the ability to adapt to extreme and intense weather events (Climate Adapt, 2016 ; IPCC, 2018). Vegetation and trees in the practice of urban forestry plays a fundamental role in controlling emissions, soil protection, improving air quality and microclimate, controlling heat island effect and increasing liveability of cities (Fini et al., 2016).

GAIA is promoted by city of Bologna, in collaboration with Fondazione Anci Ricerche, Impronta Etica, Institute of Biometereology of Bologna and Unindustria Bologna. The project is based on the activation of a partnership between the city and private companies through an economic contribution for the planting of new trees. The calculation of the environmental compensation shall be based on the "carbon footprint index" which allows the measurement of the companies CO_2 emissions. The agreement between companies and municipality in the planting of the trees, ensure maintenance of the plants for the first 3 years and taking charge for subsequent years (Comune di Bologna, 2013; LIFE+, 2013). In 2013 the Municipality of Bologna, decided to make the Project GAIA one of the tools of the city administration to reduce CO_2 emissions.

Goals

Bologna, as many cities in southern Europe, is facing the phe-

nomena linked to climate change in terms of extreme temperatures, drought and cloudburst. According to Gabellini (2016) there have been annual peaks of temperature abnormalities since 1990 which have measured an increase of 3 - 4°C for both minimum and maximum values. Furthermore, in the last 30 years the number of days with temperatures above 33.7°C has steadily increased and with them heat waves and urban heat islands. Without a national or regional adaptation plan, the city of Bologna has undertaken to draw up a climate change adaptation plan, approved by the City Council in October 2015, which focuses on the development of real measures implemented locally. These measures were developed as part of the BLUE AP[1] (Bologna Local Urban Environment Adaptation Plan for a resilient city) with the objective of increasing the resilient capacities of the territory of Bologna.

GAIA project was tested at the beginning on 3 pilot areas: the park of Villa Angeletti, the Roveri industrial district and the courtyard of Palazzo d'Accursio, for a total of 116 trees planted. Others 11 companies joined the project and allowed to arrive at the plantation of 1321 trees in 19 public areas. The final objective of the project is to enrich the public green of Bologna with 3000 new trees. The project aims to define knowledge, tools and operating modalities for the use of urban forestry in order to reduce CO_2 emissions, air pollution and urban heat island effects. The project aims to develop an environmental governance model that can provide companies to reduce their carbon footprint with compensation actions and generate environmental benefits; to set out a process that support public administrations to promote co-responsibility in the territory through trees planting in urban areas, thus encourage a responsible environmental economy; define a common, replicable methodology for measuring the potential absorption of greenhouse gases and other air pollutants from different trees to quantify their environmental benefits; and lastly, to raise awareness among stakeholders on the environmental benefits that climate change policies can have at local level (PdC, 2013).

1 *BLUE AP is a LIFE + project (LIFE11 ENV / IT / 119) started in October 2012 and concluded in September 2015. The project, coordinated by the Municipality of Bologna, involved three technical partners: Ambiente Italia, ARPA Emilia-Romagna and Kyoto Club and makes use of the support of Cm3C for the organization of an international scientific committee that supervised the activities carried out (Gabellini et al., 2015).*



Fig. 1 - Vista di Bologna da San Michele in Bosco / *View of Bologna from San Michele in Bosco* (Source: Camilla Moriconi).

fragi. Come afferma Gabellini (2016) si sono registrati picchi di anomalia annua delle temperature a partire dal 1990 che hanno misurato un aumento di 3 - 4 °C sia per i valori minimi che per quelli massimi. Inoltre, negli ultimi 30 anni il numero di giorni con temperature superiori ai 33,7 °C sono costantemente aumentati e con esse le ondate di calore e le isole di calore urbane.

Senza un piano d'azione *climate-oriented* nazionale o regionale in vigore, la città di Bologna, si è impegnata a redigere un Piano di Adattamento ai cambiamenti climatici, approvato dal Consiglio Comunale nell'ottobre 2015, che si concentra sullo sviluppo di misure innovative e concrete attuate localmente. Queste misure sono state sviluppate come parte del progetto *BLUE AP*[1] (*Bologna Local Urban Environment Adaptation Plan for a resilient city*) con l'obiettivo di aumentare le capacità resilienti del territorio bolognese.

Il progetto GAIA è stato inizialmente testato su tre aree-pilota: il Parco di Villa Angeletti, il distretto industriale Roveri ed il cortile di palazzo d'Accursio, per un totale di 116 alberi piantati. L'adesione di ulteriori 11 aziende al progetto ha permesso di arrivare alla messa a dimora di 1321 alberi nel dicembre 2014 in 19 aree pubbliche. Gli obiettivi finali erano fissati nell'arricchimento del verde pubblico di Bologna con 3000 nuovi alberi e nello sviluppo di conoscenze, strumenti e modalità operative per l'utilizzo della forestazione urbana con il fine di ridurre le emissioni climalteranti, dell'inquinamento dell'aria e dell'effetto isola di calore urbana. GAIA, inoltre, si prefigge di sviluppare un modello di governance ambientale in grado di offrire alle aziende uno strumento che permetta loro di

1 BLUE AP è un progetto LIFE+ (LIFE11 ENV/IT/119) avviato nell'ottobre 2012 e concluso a settembre 2015. Il progetto, coordinato dal Comune di Bologna, ha coinvolto tre partner tecnici: Ambiente Italia, ARPA Emilia-Romagna e Kyoto Club e si avvale del supporto di Cm3C per l'organizzazione di un comitato scientifico internazionale che ha supervisionato le attività svolte (Gabellini et al., 2015).



Fig. 2 - Gli obiettivi del progetto e i vantaggi per le aziende e per la città / *The scope of the project and the benefits for private companies and the city* (Source: UnAltro-Studio.it; illustrazione di Manuele Mascheroni).

diminuire il *carbon footprint* con azioni di compensazione che generano benefici ambientali e sociali sul territorio; avviare un processo che agevoli le pubbliche amministrazioni a promuovere la corresponsabilità sul territorio tramite la promozione di uno strumento gestionale innovativo che favorisca la piantumazione di arbusti in aree urbane favorendo in questo modo una economia ambientale responsabile; definire una metodologia comune e replicabile di misurazione del potenziale assorbimento dei gas serra e altri inquinanti atmosferici di diversi alberi al fine di quantificarne i benefici ambientali; ultimo, sensibilizzare gli *stakeholders* sui benefici ambientali che le politiche contro i cambiamenti climatici possono avere a livello locale (PdC, 2013).

Strategie e azioni di adattamento climatico

Il Piano di Adattamento della città di Bologna identifica gli obiettivi generali di medio-lungo periodo al 2025. Le strategie di intervento necessarie al raggiungimento degli obiettivi sono declinate attraverso specifiche azioni operative che, con diversi livelli di dettaglio, dovranno essere messe in atto. Alcune di queste azioni sono riferite a percorsi già avviati, come ad esempio il progetto GAIA, e influenzano i regolamenti e gli strumenti della pubblica amministrazione.

L'obiettivo socio-ambientale del Piano di Adattamento climatico è di preparare la città, l'amministrazione ed i cittadini a fronteggiare in modo efficace i cambiamenti climatici in atto - adattamento reattivo – riducendo al tempo stesso le vulnerabilità esistenti del territorio - adattamento preventivo (Gabellini et. al, 2015).

Dal punto di vista metodologico, la costruzione del Piano si è basato sulla valutazione della situazione climatica locale e sugli scenari futuri, elaborati in un Profilo Climatico Locale, al fine di estrarre i macro-fattori di vulnerabilità, tra cui siccità e carenza idrica, ondate di calore in area urbana, eventi non convenzionali e rischio idrogeologico (Boeri et al., 2018). Le aziende aderenti al progetto GAIA hanno sottoscritto un'intesa con il Comune di Bologna per compensare le emissioni prodotte dalle loro attività, offrendo liberamente un contributo per la

Climate adaptation strategies and actions

The Bologna Adaptation Plan identifies the general medium-long-term targets to 2025. The necessary strategies to achieve the general objectives are implemented through specific actions with different levels of detail. Some of these actions, such as GAIA's project, refer to already started pathways that influence regulations and instruments of public administration.

The aim of the Climate Adaptation Plan is to get ready the administration and citizens to cope efficiently the ongoing climate change - reactive adaptation – reducing at the same time the existing vulnerabilities on territory - preventive adaptation (Gabellini et. al, 2015).

From the methodological point of view, the construction of the plan was based on the assessment of the local climate situation and on future scenarios, developed in a Local Climate Profile, in order to extract the macro-vulnerability factors, including drought and water scarcity, heat waves in urban areas, unconventional events and hydrogeological risk (Boeri et al., 2018). Companies wishing to join GAIA's project, sign an agreement with the City of Bologna to offset emissions from their activities, freely offering a contribution for the planting of trees, starting from a minimum of 200 euros, attributed value to each plant for the purchase, planting and taking care for the 3 years.

Climate adaptive solutions

The GAIA Project was built through 3 main activities. First concerns a preliminary research on best practice of urban forestry and partnership models, which led to the inventory of 39 good practices and 5 methodological models to be validated in

the experimental phase. The second involved IBIMET– CNR in the definition of the technical tools needed to achive the replicability of the project. Criteria have been identified for the selection of plantation areas; were selected the 24 most effective tree species (in accordance with the Green Regulation of the City of Bologna) in terms of CO_2 absorption, reduction of pollutants and allergenic risk; have been described the procedures ensuring sustainable management of the implemented green areas; and was offered a carbon footprint measuring toolkit. The last activity concerned the subscription of the protocol which the companies concerned have signed committing themselves to contribute, in economic terms, to the realization of the green areas.

Areas of intervention cover 8 of the 9 districts of the city and identify 23 sites in which to implement this strategy. The areas have been selected by evaluating different parameters: related to their need for regeneration due to degradation or abandonment, creation of new social relationships, conservation of biodiversity and protection of the territory. The planting of trees in the urban context can take place in public areas such as parks or gardens or in the state-owned areas not used as green area but which, by extension and location, have the possibility of planting a large number of trees (PdC, 2013), creating real urban woods.

The Institute of Biometerology of the CNR has identified for the project GAIA 24 types of trees, through an ecological and piantumazione sul territorio, partendo da un minimo di 200 euro, valore attribuito ad ogni pianta per l'acquisto, messa a dimora e cura per i successivi 3 anni.

Soluzioni di adattamento climatico

Il Progetto GAIA è stato costruito attraverso tre principali attività. La prima ha riguardato la ricerca di esperienze virtuose nel settore dell'arboricoltura urbana e di modelli di partenariato. Queste analisi preliminari hanno portato alla costruzione di un repertorio di 39 buone pratiche e 5 modelli metodologici da validare nella fase sperimentale. La seconda attività ha coinvolto l'Istituto di Biometeorologia IBIMET – CNR nella definizione degli strumenti tecnici necessari per rendere il progetto replicabile. A questo proposito sono stati individuati i criteri per la selezione delle aree dove effettuare le piantumazioni; sono state selezionate le 24 specie arboree più efficaci (in accordo con il Regolamento del verde del Comune di Bologna) in termini di assorbimento di CO_2, riduzione degli inquinanti e minor rischio allergenico; sono state descritte le procedure che assicurano una gestione sostenibile delle aree verdi realizzate; ed è stato offerto un toolkit per la misurazione del *carbon footprint*. L'ultima attività ha riguardato la redazione del protocollo di intesa che ciascuna azienda partecipante ha sottoscritto impegnandosi a contribuire economicamente alla realizzazione delle aree verdi.

Le aree di intervento progettuale coprono 8 dei 9 quartieri del comune e individuano 23 zone della città in cui attuare questa strategia. La selezione delle aree è stata effettuata attraverso la combinazione di diversi parametri; tra questi rientrano la necessità di rigenerazione dell'area per condizioni di degrado o abbandono, la creazione di nuove relazioni sociali, la conservazione della biodiversità e la protezione del territorio. La messa a dimora di nuove piante nel contesto urbano può

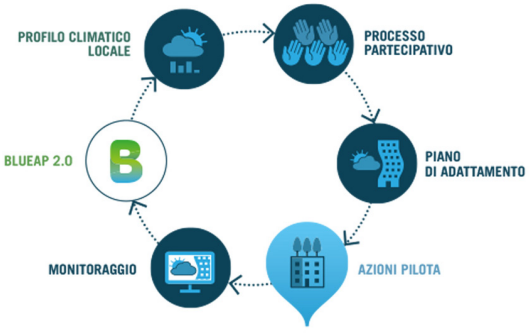


Fig. 3 - Principali attività del BLUE AP / *Main activities of BLUE AP* (Source: Comune di Bologna).



Fig. 4 - Vulnerabilità e obiettivi del BLUE AP / *Vulnerability and objectives of BLUE AP* (Source: Comune di Bologna).

avvenire in aree pubbliche destinate a parchi o giardini e nelle aree patrimoniali non adibite a verde ma che, per estensione e ubicazione, hanno la possibilità di piantare un elevato numero di alberi (PdC, 2013), realizzando veri e propri boschi urbani.

L'Istituto di Biometerologia IBIMET del CNR ha individuato per il progetto GAIA le 24 tipologie di alberi, attraverso un'analisi eco-fisiologica delle piante, che risultano avere il maggiore potenziale di assorbimento di CO_2, polveri sottili, inquinanti gassosi, emissioni di Composti Organici Volatili (COV) e potenziale formazione di ozono. Il supporto scientifico del CNR ha permesso di realizzare uno strumento per il calcolo della CO_2 immagazzinata che consiste in un foglio di calcolo accompagnato da una guida all'utilizzo. Questo documento, fondamentale per l'attuazione del progetto, in funzione dell'investimento previsto quantifica il corrispettivo numero di alberi, l'equivalente di anidride carbonica assorbita e offre una serie di possibili attività di compensazione tra le quali l'azienda può scegliere.

Orlandini et al. (2017) dimostrano come le conseguenze delle isole di calore urbane possono essere ridotte per mezzo di una progettazione appropriata delle aree urbane con la vegetazione. Queste svolgono un ruolo importante nella mitigazione del riscaldamento locale e modificano il bilancio energetico della superficie, creando zone ombreggiate e favorendo i fenomeni di evapotraspirazione. La presenza di alberi, foreste urbane e interventi di *greening* urbano influenzano il comportamento termico degli ambienti esterni e incidono, da un lato, sui principali indicatori di misura quali temperature - dell'aria, superficiale e media radiante -, umidità e ventosità; dall'altro, sugli indici di benessere percettivo *outdoor* come il *Predicted Mean Vote* (PMV), il *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) e il *Physiological Equivalent Temperature* (PET) (ISO 7730, 2005; ENVI_MET GmbH, 2017; Gaspari e Fabbri, 2019).

physiological analysis of the plants, which appear to have the greatest potential of absorption of CO_2, particulate matter, gaseous pollutants, VOC emissions (volatile organic compounds) and potential ozone formation. CNR's scientific support has made it possible to create the tool for calculating the stored CO_2, and consists of a spreadsheet accompanied by a user guide. This document, depending on the investment planned, it will quantify the corresponding number of trees, the equivalent of absorbed carbon dioxide and offer a number of possible compensatory activities from which the company can choose.

Orlandini et al. (2017) demonstrate how the consequences of urban heat islands can be reduced by an appropriate design of urban areas with vegetation. This plays an important role in mitigating local heating: urban trees and forestry change the energy balance of the surface, primarily providing shade and evapotranspiration. The presence of trees, urban forests and urban greening interventions influence the thermal behaviour of external environments and affect, on the one hand, the main indicators such as temperatures - air, surface and medium radiant -, humidity and wind; on the other, the outdoor well-being indicators such as the Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) and Physiological Equivalent Temperature (PET) (ISO 7730, 2005; ENVI_MET GmbH, 2017; Gaspari and Fabbri, 2019).



Fig. 5 - Gli attori interessati dal progetto GAIA / *Stakeholders in the GAIA project* (Source: UnAltroStudio.it, illustrazione di Manuele Mascheroni).

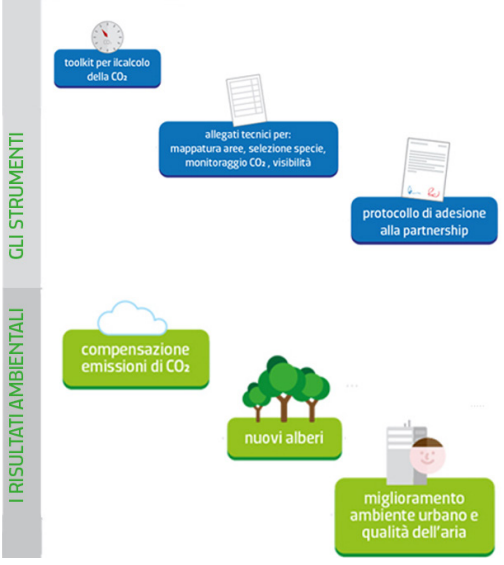


Fig. 6 - Strumenti e i risultati ambientali attesi / *Tools and expected environmental results* (Source: UnAltroStudio.it, illustrazione di Manuele Mascheroni).

Indicators and design parameters

GAIA's project, thanks to the carbon footprint, offers a useful tool both for companies and public authorities. For the first to define the ability to offset their activities, for the second to asses quantitative evaluation of the results obtained and obtainable through the planting of new trees. The implementation of the project allows to implement an innovative environmental governance system that links businesses and the municipality with the objective of improving the quality of the urban environment and reducing the risks arising from the climate change.

The main results achieved show an increase of 2320 plants in the municipal territory corresponding to 6960 tons of CO_2 removed from environment (March 2018); the creation of an online database of the 24 tree species and the preparation of a CO_2 calculation toolkit (DNV Certificate – Det Norske Veritas); the publication of guidelines "Una bella impresa" and "Percorso per la città". The first defines all the elements to join the project, benefits and opportunities for companies; the second describes the process and its steps, also allowing other cities (or equivalent local authority) to replicate the project.

The introduction of policy tools that are able to combine adaptation and mitigation strategies seems highly appropriate. The GAIA project, in fact, only concerns one of the intervention sectors envisaged by the European strategy for adaptation to climate change (COM 2018) and its beneficial effects are not always sufficient to reach the levels prescribed by the European directives. At the same time, it is necessary to promote operational and incentive solutions to develop and support low-carbon

Indicatori e parametri per il progetto

Il progetto GAIA, grazie al *carbon footprint,* offre un utile strumento agli enti pubblici, per la valutazione quantitativa dei risultati ottenuti ed ottenibili attraverso la piantumazione di nuovi alberi, e alle aziende private, per la determinazione della compensazione delle proprie attività. La realizzazione del progetto rende possibile l'attuazione di un innovativo sistema di governance ambientale che mette in relazione le imprese e il comune con l'obiettivo di migliorare la qualità dell'ambiente urbano e ridurne i rischi derivanti dal cambiamento climatico.

I principali risultati conseguiti mettono in evidenza un aumento di 2320 piante nel territorio comunale corrispondenti a 6960 tonnellate di CO_2 sottratte all'ambiente (marzo 2018); la creazione di un database online delle 24 specie arboree identificate e la predisposizione di un *toolkit* per il calcolo della CO_2 (Certificato DNV – Det Norske Veritas); la pubblicazione delle linee guida "Una bella impresa" e "Percorso per la città". La prima definisce tutti gli elementi per aderire al progetto, i benefici e le opportunità per le aziende, la seconda descrive puntualmente il processo e le sue fasi, consentendo anche ad altre città (o enti locali equivalenti) di replicare il progetto.

Appare quanto mai opportuna l'introduzione di strumenti di indirizzo politico che siano in grado di contemplare una combinazione tra le strategie di adattamento e quelle di mitigazione. Il progetto GAIA, infatti, attiene solamente a uno dei settori di intervento previsti della strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici (COM 2018) e i suoi effetti benefici non sono sempre sufficienti a raggiungere i livelli prescritti dalle direttive europee. Allo stesso tempo è necessario promuovere soluzioni operative e incentivanti per sviluppare e sostenere comunità resilienti *low-carbon* (Boeri et al., 2018).

Sulla base dell'esempio bolognese, emergono due parametri fondamentali per il progetto. Il primo è rappresentato dal Profilo Climatico Locale, che si compone di



Fig. 7 - Le fasi di attuazione del progetto GAIA / *Phases of the implementation of GAIA Project* (Source: UnAltroStudio.it, illustrazione di Manuele Mascheroni).



Fig. 8 - Schema riassuntivo del processo per la replicabilità del progetto in altre città / *Scheme of the process for the replicability of the project in other cities* (Source: UnAltroStudio.it, illustrazioni di Manuele Mascheroni).

due parti. Una prima parte che si concentra sull'analisi climatica osservata su scala regionale, su cui vengono costruiti gli scenari climatici futuri. Le variabili climatiche analizzate sono la temperatura minima, la temperatura massima, la quantità di precipitazione, i valori medi e quelli estremi. Una seconda parte, invece, analizza il territorio identificando le maggiori vulnerabilità che emergono in relazione alle proiezioni climatiche.

Il secondo parametro, desunto dal progetto GAIA, è rappresentato dall'impronta di carbonio. Quest'ultimo viene utilizzato come indicatore di misura quantitativo per la riduzione di emissioni di CO_2 e rappresenta un valido metodo per la valutazione dei miglioramenti in termini climatico-ambientali di benessere e di salute dei cittadini. Inoltre, rappresenta un'ottima opportunità di certificazione per le imprese che vogliano dimostrare la propria attenzione verso la collettività.

Secondo Pelizzaro (2018), *Chief Resilience Officer* di Milano, sarebbe un coraggioso passo in avanti introdurre i rischi del cambiamento climatico e la valutazione della vulnerabilità come prerequisito obbligatorio per le città che cercano opportunità di finanziamento, come anche fondamentale è il recepimento all'interno della legislazione ordinaria nazionale ed europea per un rinnovato, aggiornato e corretto governo del territorio (Liakou, 2018). Il progetto di mitigazione e adattamento GAIA rappresenta una soluzione percorribile e facilmente replicabile nelle aree densamente urbanizzate o in quelle periferiche, applicando interventi di architettura e paesaggio diffusi e sistemici oppure circoscritti e puntuali di diverse tipologie. Risulta in questo modo possibile tradurre le indicazioni generali di un Piano di Adattamento locale in realtà operative all'interno dei vari ambiti di trasformazione fisica della città.

resilient communities (Boeri et al., 2018).

Based on the example of the city of Bologna, two fundamental parameters emerge. The first is the Local Climate Profile, which is made up of two parts. One side focuses on climate analysis observed on a regional scale, on which future climate scenarios are built. The climatic variables analyzed are minimum and maximum temperatures, amount of precipitation, average and extreme values. Another side, analyzes the territory identifying the major vulnerabilities that emerge in relation to climate projections.

The second parameter, taken from the GAIA project, is the carbon footprint. This is used as a quantitative measure indicator for the reduction of CO_2 emissions, it represents a valid method for evaluating the improvements in terms of climate, environment and health of citizens and represents an excellent certification for companies that want to demonstrate their attention for the community. According to Pelizzaro (2018), Chief resilience Officer of Milan, it would be a bold step forward to introduce the risks of climate change and vulnerability assessment as a mandatory prerequisite for cities seeking funding opportunities, as well as its transposition into national and European ordinary legislation for a renewed, updated and correct governance of the territory (Liaku, 2018). The GAIA mitigation and adaptation project is a viable and easily replicable solution in densely urbanised areas as historical centres or in the suburbs, applying widespread and systemic or pointed and specific interventions of architecture and landscape of different types. It is thus possible to translate the general indications of a local Adaptation Plan into operational realities within the various areas of physical transformation of the city.

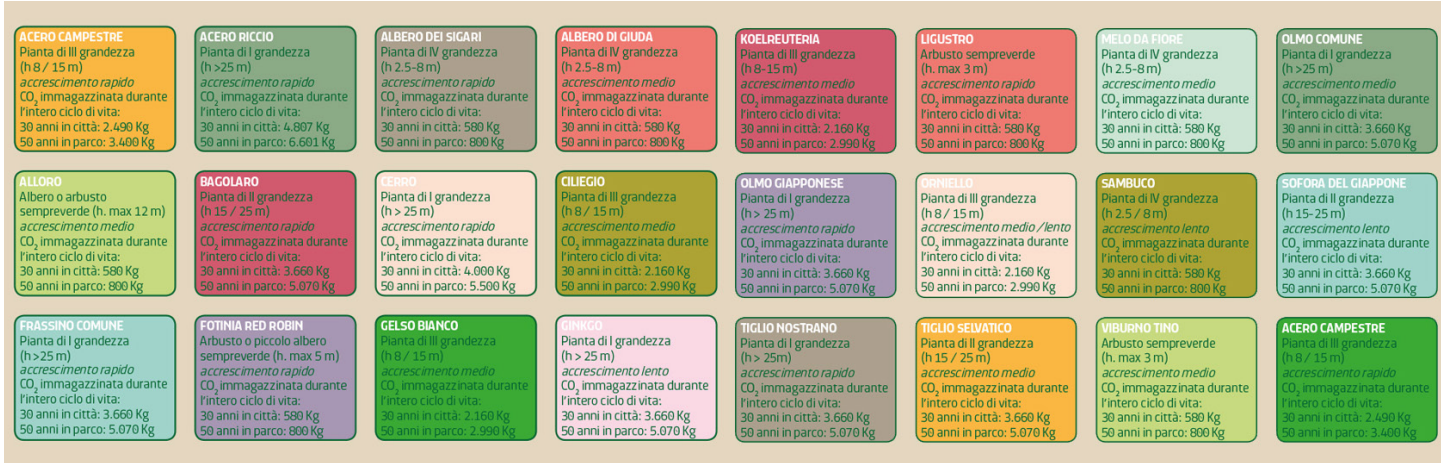


Fig. 9 - Le 24 specie arboree individuate dal CNR per la piantumazione in ambito urbano, con indicazione della grandezza e stima di CO_2 immagazzinata / *The 24 tree species identified by the CNR for urban planting, with indication of the size and estimated CO_2 stored* (Source: UnAltroStudio.it, illustrazione di Manuele Mascheroni).

References

Barbi, V., Fini, G & Gabellini, P. (2016), "Bologna città resiliente. Sostenibilità energetica e adattamento ai cambiamenti climatici/Bologna Resilient City. Sustainable Energy and Climate Change Adaptation".Urban Center Bologna, Bologna, pp 72-75.

Boeri, A., Fini, G., Gaspari, J., Gianfrate, V. & Longo D. (2018), "Bologna città resiliente: dal piano di adattamento alle azioni locali", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment,* vol. 15, pp.193-202.

Climate ADAPT (2016), "GAIA - Green Area Inner-city Agreement to finance tree planting in Bologna", available at: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/gaia-green-area-inner-city-agreement-to-finance-tree-planting-in-bologna (accessed 20 February 2018).

COM (2018)738 final, *Report from the commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the EU Strategy on adaptation to climate change*, available at https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0738&from=EN (accessed 22 September 2020).

Comune di Bologna (2013), "Gaia per le città. Linee guida per la replicabilità della partnership GAIA forestazione urbana", available at: http://www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/progetti/gaia_lineeguidagaiacitta.pdf (accessed 21 December 2017).

ENVI_MET GmbH (2017), "Decoding Urban Nature″, available at: https://www.envi-met.com/brochures/ (accessed 02 February 2020).

Gabellini, P. (2016), "Il Progetto Blue Ap e il Piano di adattamento climatico di Bologna", *Sentieri Urbani. La rivista della sezione Trentino dell'Istituto Nazionale di Urbanistica. Le città resilienti*. anno VIII, n. 20, Bi Quattro Editrice, Trento, pp. 22-24.

Gabellini, P., Uguccioni, L. & Diolaiti, R. (2015), "Piano di adattamento città di bologna: strategia di adattamento locale", available at: http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2015/06/PianoBlueApfinale03062015.pdf.

Gaspari, J. & Fabbri, K. (2019). "Greening Actions and the Related Potential Impacts on Outdoor Comfort in a Dense Built Environment", available at: https://www.researchgate.net/publication/333933608_Greening_Actions_and_the_Related_Potential_Impacts_on_Outdoor_Comfort_in_a_Dense_Built_Environment (accessed 7 July 2019).

IPCC (2018), "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty", available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.

ISO 7730 (2005), "Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort", available at: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7730:ed-3:v1:en:sec:5 (accessed 09 September 2017).

Liakou, L. (2018), "A Conversation Between European Chief Resilience Officers", available at: https://www.100resilientcities.org/infrastructure-finance-and-collaboration-a-conversation-between-european-chief-resilience-officers/ (accessed 16 June 2019).

LIFE+ (2013), "GAIA. Una bella impresa. Per contrastare i cambiamenti climatici, riqualificare l'ambiente urbano e migliorare la qualità dell'aria", available at: http://www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/progetti/gaia_guida_aziende.pdf (accessed 15 May 2017).

Orlandini, S., Vanos, J. K., Matzarakis, A., Massetti L. & Petralli, M. (2017). "Urban foresty and microclimate", in Ferrini, F., Cecil C., Konijnendijk van den Bosch, C. C. & Fini, A. (eds), *Routledge handbook of urban forestry*, Abindon, Oxon.

PdC (2013), "Gaia - Accordo per la forestazione urbana", available at: http://www.pdc.minambiente.it/progetti/gaia-accordo-la-forestazione-urbana (accessed 26 April 2018).

Il programma per le *green street* a Portland
Green Streets Program in Portland

Roberto Bosco, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Pietro Ferrara, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

Time of realization	1990-2013
Location	Portland, USA
Climate zone (sensu Koppen)	Csb – warm and temperate climates
Hazard	Urban flooding
Intervention scale	Urban
Level of governance	Public, City of Portland
Type of intervention	Specific measures for stormwater management
Catchment area	647.805 inhabitants
Cost of operation	494 millions of $
Average annual rainfall	1001 mm
Water collected	9 billion litres
Number of GSI	+2000
Space occupied by GSI	260.000 mq ca.

La città di Portland, situata a Nord-Ovest degli Stati Uniti d'America, è la maggiore città dello stato dell'Oregon, con una popolazione di circa 647˙805 persone (censimento del 2017) distribuita su una superficie di 376 Kmq. Essa è divisa in due parti dal fiume Willamette, storicamente soggetto ad esondazioni dovute all'elevato volume delle precipitazioni che interessano l'Oregon occidentale, soprattutto nei mesi invernali (media di 100cm di pioggia l'anno). Gran parte di quest'acqua defluisce raccogliendo con sé petroli ed altre sostanze nocive, portando la contaminazione fino al fiume Columbia, di cui il Willamette è il principale affluente. Per porre rimedio a questi fenomeni, tra il 1990 e il 1995, il *Bureau of Environmental Services* (BES) di Portland ha promosso, in collaborazione con enti locali, imprese e proprietari di immobili, un programma per la gestione delle acque piovane. Tale programma prevedeva l'implementazione di *Best Management Practices* (BMP), i cui principi fondamentali sono quelli di massimizzare le aree verdi che trattengono e infiltrano le acque piovane in loco (dove possibile) e di proteggere le falde sottostanti aumentando i processi di evapotraspirazione, raccolta, riutilizzo e filtrazione delle acque piovane inquinate.

In quegli stessi anni ebbe inizio il *Portland Stormwater Program* in seguito all'istituzione della pratica dei permessi di scarico del Sistema Nazionale per l'eliminazione degli inquinanti (NPDES - *National Pollutant Discharge Elimination System* incluso nell'EPA – Agenzia per la Protezione Ambientale) e del Municipal Separate Storm Sewer System (MS4), che prevedeva la costruzione di reti fognarie municipali separate per raccogliere e convogliare le acque piovane, rispettando le normative sulla qualità dell'acqua. Come parte del processo di sviluppo del piano, il BES ha esaminato le procedure e le pratiche già messe in atto dalla città, compatibili con i regolamenti aggiornati; successivamente si è collaborato con

Portland, located at the North-West of the United States of America, is the largest city in the state of Oregon with a population of about 647˙805 people (2017 census) spread over an area of 376 kmq. It is divided into two parts by the Willamette River, historically subject to flooding due to the high volume of rainfall affecting Western Oregon, especially in the winter months (average 100cm of rain per year). Most of this water flows out collecting oils and other harmful substances, taking the contamination down to the Columbia river, of which the Willamette is the main tributary. To remedy these phenomena, between 1990 and 1995, the Bureau of Environmental Services (BES) in Portland, in collaboration with local authorities, contractors and property owners, promoted a rainwater management program. This program included the implementation of Best Management Practices (BMP), whose fundamental principles are to maximize the green areas that retain and infiltrate rainwater on site (where possible) and to protect the underlying aquifers by increasing the processes of evapotranspiration, collection, reuse and filtration of polluted rainwater.

The Portland Stormwater Program began in those same years with the establishment of the National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) and the Municipal Separate Storm Sewer System (MS4), which provided for the construction of separate municipal sewerage networks to collect and convey rainwater in order to comply with water quality regulations.

As part of the development process of the plan, the BES examined the procedures and practices already in place by the city, compatible with the updated regulations, and then worked with other departments to identify additional BMPs needed to meet the new requirements. In 1996, the administration created a Stormwater Policy Advisory Committee (SPAC - a heterogeneous group of stakeholders consisting of landscape architects, planners, engineers, institutional organizations and experts from the rainwater treatment industry) to provide the city with information on stormwater issues, which was later replaced by the Stormwater Advisory Committee (SWAC). Over the next three years (1997 - 1999), SPAC developed technical and regulatory standards that were incorporated into the city's stormwater management manual, which was designed for immediate use by citizens, allowing the calculation of optimal improvement solutions by adapting standard coefficients into simple formulas. In 2001, the Sustainable Infrastructure Committee was established to coordinate the efforts of administrative staff studying solutions to limit the impact of new projects on water quality.

Reference keywords

Adaptation; climate-responsive design; ecosystem services; green infrastructure; Nature-Based Solutions; urban resilience; climate sensitivity.

Goals

Through a design process then translated into a manual, in the city of Portland many streets were transformed into Green Streets, with the aim of remedying the problem of runoff: roads make up 35% of the city's impermeable surface. In April 2007, the City Council passed a resolution to officially promote the use of green dtreets and the integration of its facilities in public



Fig. 1 - Holman-Pocket Park. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.

altri dipartimenti per identificare ulteriori BMP necessarie a soddisfare i nuovi requisiti. Nel 1996 l'amministrazione ha creato un Comitato consultivo per le politiche sulle acque piovane (SPAC – un gruppo eterogeneo di stakeholder composto da architetti del paesaggio, progettisti, ingegneri, organizzazioni istituzionali e esperti dell'industria del trattamento delle acque piovane), con lo scopo di fornire alla città informazioni sulle questioni relative alle acque meteoriche, sostituito in seguito dallo *Stormwater Advisory Committee* (SWAC).

Nel corso dei tre anni successivi (1997 – 1999), lo SPAC ha sviluppato norme tecniche e politiche che sono state inserite nel manuale di gestione delle acque piovane della città, progettato per un utilizzo immediato da parte della cittadinanza, permettendo il calcolo delle soluzioni migliorative ottimali tramite l'adattamento di coefficienti standard in semplici formule. Nel 2001 è stato costituito il Comitato per le Infrastrutture Sostenibili che aveva il compito di coordinare gli sforzi del personale amministrativo che studiava soluzioni per limitare l'impatto dei nuovi progetti sulla qualità delle acque.

Parole chiave

Adattamento; *design* reattivo al clima; servizi ecosistemici; *green infrastructure;* soluzioni basate sulla natura; resilienza urbana; sensibilità climatica.

Obiettivi

Attraverso un processo di progettazione poi tradotto in un manuale, nella città di Portland un cospicuo numero di arterie di collegamento è stato trasformato in *green street*, con l'obiettivo di porre rimedio al problema del ruscellamento sulle strade che costituiscono il 35% della superficie impermeabile della città. Nell'aprile 2007, il Consiglio Comunale ha approvato una risoluzione atta a promuovere ufficialmente l'utilizzo delle *green street* e l'integrazione delle sue strutture nello sviluppo pubblico e privato, riconoscendo che questo tipo di approccio è strategico per il raggiungimento di diversi obiettivi:

- ridurre l'acqua piovana inquinata in ingresso nei fiumi e torrenti di Portland;
- deviare l'acqua piovana dalla rete fognaria, i bacini fognari e fognature combinate (CSO) verso il fiume Willamette e limitare le inondazioni dei seminterrati;
- ridurre la superficie impermeabile in modo che l'acqua piovana possa infiltrarsi per ricaricare le acque sotterranee e superficiali;
- abbattere il carico afferente alla rete fognaria della città riducendo la spesa per la costruzione di ulteriori sistemi di tubazioni;
- migliorare la sicurezza di pedoni e biciclette;
- aumentare lo spazio verde urbano;
- migliorare la qualità e ridurre la temperatura dell'aria;
- rispondere ai requisiti delle normative federali e statali per proteggere la salute pubblica e ripristinare e proteggere la purezza dei bacini idrografici;
- aumentare le opportunità lavorative per i professionisti del settore.

L'applicazione delle *Best Practices* ha portato diversi benefici alla citta di Portland: tra il 2009 e il 2017 sono state realizzate più di 2000 *Green Street Infrastructure* (GSI) che hanno captato 2,3 milioni di galloni di acqua piovana; ogni anno vengono gestiti circa 30 milioni di galloni (114 milioni di litri ca.) di acque reflue e il dipartimento dei Servizi Ambientali serve la totalità della popolazione. L'investimento in queste pratiche ha portato inoltre alla creazione di 527 posi di

lavoro full-time. Gli obiettivi del BES per il decennio 2018 – 2027 sono:
- miglioramento della fornitura dei servizi;
- miglioramento dei sistemi reattivi e di processo decisionale;
- sviluppo ulteriore della forza lavoro;
- creazione di un "ufficio cultura" che si occupi della divulgazione alla cittadinanza delle attività e dei progetti messi in atto per la gestione delle acque;
- costruzione di una rete di relazioni tra la comunità e l'amministrazione per rispondere in maniera rapida a problemi specifici;
- diventare un modello di amministrazione virtuosa della città.

Strategie ed azioni di adattamento

Il Sustainable Stormwater Management Program (SSMP) del 2013 monitora una serie di progetti dimostrativi di BMP in tutta la città e ne riporta i risultati. Questi dati vengono utilizzati per quantificare i benefici delle pratiche di gestione sostenibile delle acque piovane, migliorare la progettazione e il funzionamento delle BMP per le applicazioni esistenti e future e ridurre i costi di manutenzione, rispondendo alle esigenze gestionali ogni qualvolta sia necessario. Questo programma fa parte dello *Stormwater Management Facility Monitoring Report* e, per ottenere la riduzione del flusso di volume annuale, estivo (maggio - ottobre), invernale (novembre - aprile), la sua attività si svolge attraverso l'analisi dei seguenti indicatori di prestazione:
- fattore di dimensionamento dell'impianto attraverso la valutazione delle prestazioni in relazione al rapporto tra l'area dell'impianto e l'area di drenaggio;
- flusso, mediante test con periodo di pioggia 25 anni/6 ore e monitoraggio continuativo al fine di ottenere una riduzione del flusso di picco;
- flusso ed eventi CSO (*Combined Sewer Overflow*) tramite test con monitoraggio continuativo, controllo del CSO su un periodo medio di 6 anni in cui si



Fig. 2 - Smith Memorial Student Union Plaza. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.

and private development, recognizing that this type of approach is strategic for the achievement of several objectives:
- *reducing polluted rainwater entering Portland's rivers and streams;*
- *diverting rainwater from the sewerage system, sewerage basins and combined sewers (CSOs) to the Willamette River and limiting basement flooding;*
- *reducing the impervious surface so that rainwater can infiltrate to recharge groundwater and surface water;*
- *reducing the load on the city's sewerage system by reducing the cost of building additional piping systems;*
- *improving the safety of pedestrians and bicycles;*
- *increasing urban green space;*
- *improving quality and decreasing air temperature;*
- *meeting the requirements of federal and state regulations to protect public health and restore and protect the purity of river basins;*
- *increasing job opportunities for industry professionals.*

The application of those Best Practices has brought several benefits to the city of Portland: between 2009 and 2017 more than 2000 Green Street Infrastructures (GSI) were built, collecting 2.3 million gallons of rainwater; approximately 30 million gallons (114 million liters approx.) of wastewater are managed each year and the Environmental Services Department serves the entire population. Investment in these practices has also led to the creation of 527 full-time jobs. The objectives of the BES for the decade 2018 - 2027 are:
- *improvement of service delivery;*
- *improvement of reactive and decision-making systems;*
- *further development of the workforce;*
- *creation of a "culture office" to deal with the dissemination to the public of the activities and projects implemented for water management;*
- *building a network of relations between the community and the administration to quickly respond to specific problems;*
- *becoming a model of virtuous administration of the city.*

Adaptation strategies and actions

The 2013 Sustainable Stormwater Management Program (SSMP) monitors a series of BMP demonstration projects across the city and reports the results. These data are used to quantify the benefits of sustainable rainwater management practices, to improve the design and operation of BMPs for existing and future applications, and to reduce maintenance costs by meeting management needs whenever necessary. This program is part of the Stormwater Management Facility Monitoring Report and its activity is carried out through the analysis of the following performance indicators to obtain the reduction

of the annual, summer (May - October), winter (November - April) volume flow:

- *plant sizing factor, thorough the evaluation of performance according to the relationship between the plant area and the drainage area;*
- *flow, by testing with a period of rain of 25 years / 6 hours and continuous monitoring in order to obtain a reduction of the peak flow;*
- *CSO (Combined Sewer Overflow) flow and events by means of continuous monitoring tests, CSO control (Summer 6) over an average period of 6 years in which, historically, a series of storm events are concentrated, and ASFO (summer storm, over a period of 3 years of control for CSO discharges in the Willamette river) to obtain the reduction of the annual, summer (May - October), winter (November - April) volume flow.*

Performance data are collected in two ways.

- *Continuous flow monitoring: flow meters are installed in a downstream sewer and monitor flows continuously, recording water depth and speed at 5-minute intervals. This method has the advantage of capturing rain events, differing in depth and duration; however, the recording interval may be inadequate in case of intense storm events (flash floods).*
- *Flow testing: it is an efficient data collection system based on performance in response to design storms. It allows for more detailed data collection (up to 1-minute intervals instead of 5 for continuous monitoring) and the possibility of manual verification, which allows evaluation of large and rare storm events. Tests are performed by replicating the design storm flows with a flow meter, a fire hose and an hydrant.*

The achievement of the goals of the SSMP passes through policies to enhance and protect the territory and the aquatic

concentrano, storicamente, una serie di eventi temporaleschi.

I dati sulle prestazioni sono raccolti in due modi.

- *Monitoraggio continuo del flusso*: i misuratori di portata sono installati in una fognatura a valle e monitorano i flussi continuamente, registrando profondità e velocità dell'acqua a intervalli di 5 minuti. Questo metodo ha il vantaggio di catturare eventi di pioggia, differenti per profondità e durata; tuttavia, l'intervallo di registrazione può risultare inadeguato in caso di eventi temporaleschi intensi (*flash floods*).
- *Test di flusso*: il *flow testing* è un sistema efficiente di raccolta dati in base alle prestazioni in risposta alle tempeste di progetto. Esso consente una raccolta di dati più dettagliata (fino a intervalli di 1 minuto invece di 5 per il monitoraggio continuo) e la possibilità di verifica manuale, che consente la valutazione di eventi di tempesta grandi e rari. I test vengono eseguiti replicando i flussi di tempesta di progetto con un misuratore di portata, una manichetta antincendio e un idrante.

Il raggiungimento degli scopi del SSMP passa attraverso politiche di valorizzazione e protezione del territorio, della flora e fauna acquatica, ma prevede anche l'educazione e il coinvolgimento attivo della cittadinanza nella gestione degli interventi. Nel 2004 l'amministrazione ha promosso la *Clean and Healthy River Strategy*, che si inserisce nell'ambito della *River Renaissance Strategy* per ripulire il fiume Willamette, puntando a affluenti e bacini idrografici più sani e al miglioramento dell'habitat per i pesci in via di estinzione per una comunità più sostenibile. La riduzione delle CSO è una condizione fondamentale per il successo: uno degli interventi previsti nel progetto prevede l'ampliamento del programma cittadino per scollegare le grondaie residenziali dal sistema fognario combinato e incoraggia i proprietari di terreni commerciali ad installare *swale* e altre strutture per filtrare le acque piovane.

Soluzioni adattive

Lo *Stormwater Management Manual* (2016) elenca e descrive le tipologie di GSI adottabili nella città di Portland e mette a disposizione dei progettisti gli strumenti necessari per la loro realizzazione. Due delle infrastrutture più utilizzate sono



Fig. 3 - Green Street Monitoring: inflow. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.



Fig. 4 - Green Street Albina at Prescott. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.

planters e *swales*: i planters raccolgono e infiltrano le acque piovane, trattenendo gli inquinanti grazie a un processo di filtrazione tramite vegetazione, terreno di coltura e ghiaia. I pregi di questa infrastruttura sono l'adattabilità ad ogni condizione urbana (terreni scarsamente drenanti, pendii ripidi) e la facilità di installazione accanto agli edifici esistenti. L'acqua piovana in eccesso viene canalizzata, tramite un tubo posto alla base della vasca, in un luogo di scarico appropriato. Le *swales* sono depressioni lunghe, strette e leggermente inclinate che raccolgono e convogliano il deflusso delle acque piovane: la vegetazione e le dighe di controllo rallentano, depurano e infiltrano l'acqua nel terreno. Questa soluzione si presta particolarmente ad essere integrata nella progettazione generale di un sito, per la sua capacità di soddisfarne i requisiti paesaggistici.

Nel manuale vengono anche descritti i criteri per la gestione delle GSI oltre agli orientamenti e le documentazioni necessarie: gli enti preposti avevano infatti riscontrato talune criticità poi superate nello sviluppo di indicatori in grado di collegare i dati raccolti agli obiettivi di miglioramento.Un altro capitolo descrive la metodologia per la pianificazione del sito e per il dimensionamento delle GSI oltre a criteri di analisi di fattibilità, di progettazione degli impianti, protocolli di monitoraggio; infine vengono descritte le operazioni di manutenzione ordinaria da attuare sulle proprietà pubbliche e private.

Processi attuativi

Nel 2000 il Consiglio Comunale di Portland ha istituito un sistema di ricompensa per i contribuenti che intervengano per trattenere le acque piovane cadute sui loro tetti entro la loro proprietà. Questo programma, chiamato *Clean River Rewards*, in vigore dall'ottobre 2006, permette un risparmio fino al 30% sulle tasse cittadine in base alle capacità di gestione del *runoff* dalle aree del tetto e per le aree pavimentate nel caso di edifici commerciali. Il *Sustainable Stormwater Management Program* (SSMP) finanzia i progetti di gestione delle acque piovane attraverso diverse forme di sovvenzioni, come quelle del *Community Watershed Stewardship Program* per progetti in scala di bacino proposti dalla comunità, i *Watershed Investment Funds* e l'*Office of Sustainable Development funds* utilizzabili per implementare pratiche di gestione sostenibile delle acque piovane. Inoltre, monitora e riporta i

flora and fauna, but also provides education and the active involvement of citizens in the management of interventions.

In 2004, the administration promoted the Clean and Healthy River Strategy, which is part of the River Renaissance Strategy to clean up the Willamette River, aiming to create healthier tributaries and river basins and improve the habitat for endangered fish to have a more sustainable community.

Reducing CSOs is a key condition for success: one of the measures in the project is to expand the city's program to disconnect residential gutters from the combined sewerage system and encourage commercial land owners to install swales and other rainwater filtration facilities.

Adaptive solutions

The Stormwater Management Manual (2016) lists and describes the types of GSIs that can be adopted in the city of Portland and provides designers with the tools to implement them. Two of the most used infrastructures are planters and swales: the planters collect and infiltrate rainwater, retaining pollutants by filtering through vegetation, growing soil and gravel.The assets of this infrastructure are its adaptability to all urban conditions (poorly drained land, steep slopes) and the ease with which it can be installed next to existing buildings. Excess rainwater is channeled through a pipe at the base of the tank to a suitable drainage point.

The swales are long, narrow, and slightly inclined depressions that collect and convey the outflow of rainwater: the vegetation and the control dams of the swale slow down, purify, and infiltrate the water into the ground.

This solution is particularly suitable for integration into the overall planning of a site because of its ability to meet the landscape requirements. The manual also describes criteria for the

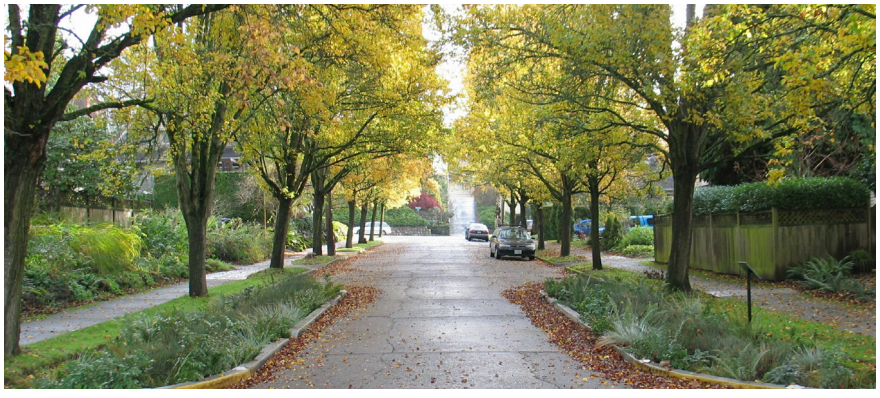


Fig. 5 - NE Siskiyou Green Street. Courtesy of Kevin Perry.

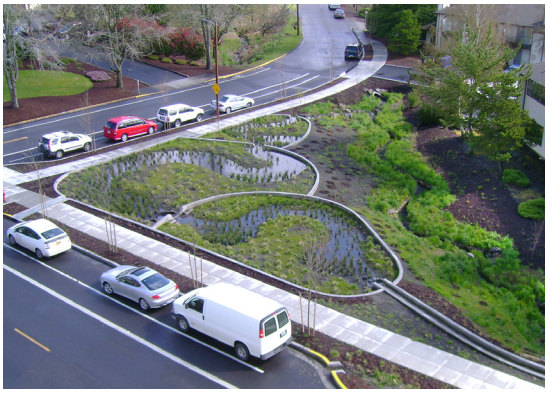


Fig. 6 - Raingarden SW 30th-Dolph Ct. © City of Portland, courtesy Bureau of Environmental Services.

management of GSIs as well as the necessary guidelines and documentation: the authorities had in fact found some critical points that were then overcome in the development of indicators capable of linking the data collected to the improvement objectives. Another chapter describes the methodology for Site Planning and GSI sizing, as well as criteria for feasibility analysis, plant design and monitoring protocols; finally, the ordinary maintenance operations to be carried out on public and private properties are described.

Implementation processes

In 2000, Portland City Council established a system of rewards for taxpayers who intervene to retain rainwater falling on their roofs within their property. This program, called Clean River Rewards, in effective since October 2006, allows savings of up to 30% on city taxes based on runoff management capabilities from roof areas and for paved areas in the case of commercial buildings.

The Sustainable Stormwater Management Program (SSMP) provides funding for rainwater management projects through various grant programs, such as the Community Watershed Stewardship Program for community scale projects,

the Watershed Investment Funds and the Office of Sustainable Development funds which can be used to implement sustainable stormwater management practices. It also monitors and reports the results of a series of BMP demonstration projects throughout the city including: 7 green streets, 6 ecoroof on skyscrapers and commercial buildings, 19 commercial and institutional buildings affected by retrofitting and 4 condominiums and student residences.

Particularly relevant is the project by landscape architect Kevin Perry for SW 12th Avenue Green Street (Fig. 5), winner of the American Society of Landscape Architects Design Award 2006, managing the runoff of an area of 696.8 square meters for a project Cost of the equivalent of 34˙810€.

Part of the success of the SSMP comes from its integration with other stormwater programs within BES. Each member of the Program staff is also involved in other regulatory initiatives or programs, such as sewer backups, combined overflow control and the NPDES municipal stormwater management permit.

risultati di una serie di progetti dimostrativi di BMP in tutta la città tra cui: 7 *green streets*, 6 *ecoroof* su grattacieli ed edifici commerciali, 19 edifici commerciali e istituzionali interessati da interventi di *retrofit* e 4 tra condomini e residenze per studenti. Di particolare rilevanza è il progetto dell'architetto paesaggista Kevin Perry per SW 12th Avenue Green Street (Fig. 5), vincitore dell'*American Society of Landscape Architects Design Award* 2006, per un quantitativo di *runoff* relativo a 696,8 mq ed un costo di progetto di 34˙810€. Parte del successo del SSMP deriva dalla sua integrazione con altri programmi relativi alle acque piovane all'interno del BES. Ogni membro del personale del Programma è anche coinvolto in altre iniziative o programmi di regolamentazione, come i *backup* delle fognature, il controllo combinato del troppo pieno delle stesse e il permesso comunale NPDES per la gestione delle acque piovane.

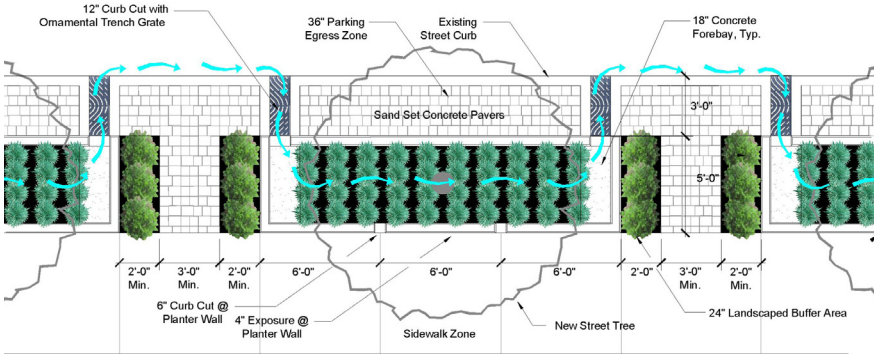


Fig. 7 - SW 12th Avenue Green Street project, enlarged plan. Courtesy of Kevin Perry.



Fig. 8 - SW 12th Avenue Green Street. Courtesy of Kevin Perry.

References

Kurtz, T. (2009), "Managing street runoff with green streets", in She, N. & Char, M. (ed), *Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection,* proceedings of the Iternational Low Impact Development Conference, November 16-19, 2008, American Society of Civil Engineers Book Series, Seattle, Washington, United States, pp. 1-10.

Websites

http://www.werf.org/liveablecommunities/studies_port_or.htm
https://www.portlandoregon.gov/bes/
http://pdx.maps.arcgis.com/apps/SimpleViewer/index.html?appid=31e890080f9d47e583a461124c0df4d5

Philadelphia Green Stormwater Infrastructures

Roberto Bosco, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Pietro Ferrara, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

Time of realization	1997-2017
Location	Philadelphia, USA
Climate zone (sensu Koppen)	Cfa – humid mild climates
Hazard	Urban flooding
Intervention scale	Urban
Level of governance	Public, City of Philadelphia
Type of intervention	Specific measures for stormwater management
Catchment area	1.580.863 inhabitants
Cost of operation	2,4 billions of dollars in 25 years
Average annual rainfall	1113 mm
Water collected	3,2 billion of litres per year
Number of GSI	+1100
Space occupied by GSI	837,7 green acres (permeable area)

Fondata nel 1682, Filadelfia è una delle città più antiche degli Stati Uniti d'America e la sesta per popolazione (1.580.863 abitanti). È capitale dello stato della Pennsylvania e la sua area metropolitana, estesa anche su parti dei vicini stati del Delaware e del New Jersey, raggiunge i 5,8 milioni di abitanti.

La fornitura di servizi idrici è affidata al *Philadelphia Water Department* (PWD), agenzia municipale della città che provvede anche al trattamento dell'acqua dei fiumi Schuylkill e Delaware per renderla disponibile all'utilizzo domestico.

Compiti del dipartimento sono la raccolta e il trattamento delle acque reflue e lo stoccaggio e gestione delle acque piovane al fine di evitare sovraccarichi nel sistema fognario. L'agenzia si occupa inoltre della raccolta e della lavorazione degli scarti solidi del processo di trattamento delle acque reflue. Il PWD è impegnato anche in operazioni di utilità sostenibile attraverso lo sviluppo di diverse iniziative "verdi", quali "*Biogas Cogeneration*" e "*Green City, Clean Waters*": Quest'ultimo è un piano, della durata di 25 anni, il cui obiettivo è proteggere e migliorare i bacini idrografici tramite l'applicazione di un modello di gestione delle acque piovane basato sulle *Green Stormwater Infrastructures* (GSI).

Le sfide principali che questo programma affronta riguardano l'invecchiamento degli impianti e l'impatto del cambiamento climatico sulla salute umana, ma il fattore trainante è la riduzione del *Combined Sewer Overflow* (CSO): in seguito ad eventi parossistici, come grandi temporali, il flusso combinato di acque nere e acqua piovana può superare la portata massima del sistema fognario e degli impianti di trattamento, causando la fuoriuscita dei liquami grezzi dalle fonti di ingresso e lo scarico diretto di rifiuti umani e industriali in fiumi, corsi d'acqua e altri bacini con gravi conseguenze ambientali ed economiche. Il primo Piano di Controllo a lungo termine per la riduzione del CSO di Filadelfia risale al gennaio 1997 ed ave-

Founded in 1682, Philadelphia is one of the oldest cities in the United States of America and the sixth largest city by population (1,580,863 inhabitants). It is the capital of the state of Pennsylvania and its metropolitan area, extended also on parts of the near states of Delaware and New Jersey, reaches the 5.8 million inhabitants. Water services are provided by the Philadelphia Water Department (PWD), the city's municipal agency that also provides water treatment for the Schuylkill and Delaware rivers waters to make them available for domestic use.

The department's tasks are collecting and treating wastewater and storing and managing rainwater to avoid overloading the sewer system. The agency also collects and processes solid waste from the wastewater treatment process. PWD is also involved in sustainable utility operations through the development of several green initiatives, such as "Biogas Cogeneration" and "Green City, Clean Waters": The latter is a 25-year plan aimed at protecting and improving river basins through the application of a stormwater management model based on Green Stormwater Infrastructures (GSI). The main challenges addressed are plant ageing and the impact of climate change on human health, but the driving factor is the reduction of Combined Sewer Overflow (CSO): as a result of paroxysmal events, such as large thunderstorms, the combined flow of black water and rainwater can exceed the maximum flow of the sewage system and treatment plants, causing the outflow of raw sewage

from the inlet sources and the direct discharge of human and industrial waste into rivers, streams and other reservoirs with serious environmental and economic consequences. The first Long-term Control Plan for the reduction of the Philadelphia CSO dates to January 1997 and had three main objectives: improvement of the technological capital, complete planning of the river basins, continuous implementation of 9 minimum controls:

- *review of operation and maintenance programs;*
- *maximum use of the collection system for storage;*
- *review and modification of pre-treatment programs;*
- *maximization of flow to water pollution control plants;*
- *prohibition CSO discharges during the dry season;*
- *control of solids and floats discharge in CSOs;*
- *pollution prevention programs;*
- *notifications to the public;*
- *monitoring to identify impacts and effectiveness of CSO controls.*

These are low-cost actions that can reduce CSOs and their effects on receiving waters and do not require significant engineering studies or lengthy implementations.

The long-term control plan and technology capital improvement program were restarted in 2007 with the mission of integrating further projects for the reduction of frequency and volume of CSOs. Based on the experience and progress of the original plan, this upgrade process has created new management alternatives to ensure the channeling and processing of flows into the sewerage system (Stormwater Management Guidance Manual, Version 3.0. 2015). To regulate the infrastructure design process, the PWD has adopted an indicator, the Greened



Fig. 1 - Fotoinserimento della GSI "Fairmount Bump-out" / *Photomontage of the GSI "Fairmount Bump-out"* (Image courtesy of the Philadelphia Water Department).

va tre obiettivi principali: miglioramento del capitale tecnologico, pianificazione completa dei bacini idrografici, implementazione continua di 9 controlli minimi:

- revisione dei programmi di funzionamento e manutenzione;
- utilizzo massimo del sistema di raccolta per lo stoccaggio;
- revisione e modifica dei programmi di pretrattamento;
- massimizzazione del flusso verso gli impianti di controllo dell'inquinamento idrico;
- proibizione degli scarichi di CSO durante la stagione secca;
- controllo dello scarico di solidi e galleggianti nei CSO;
- programmi di prevenzione dell'inquinamento;
- notifiche al pubblico;
- monitoraggio per individuare gli impatti e l'efficacia dei controlli delle CSO.

Si tratta di azioni a basso costo che possono ridurre i CSO e i loro effetti sulle acque riceventi e non richiedono studi ingegneristici significativi o lunghe implementazioni. Il piano di controllo a lungo termine e il programma di miglioramento del capitale tecnologico sono stati riavviati nel 2007 con la missione di integrare ulteriori progetti per la riduzione di frequenza e volume delle CSO.

Sulla base dell'esperienza e dei progressi ottenuti dal piano originale, questo processo di aggiornamento ha creato nuove alternative di gestione per garantire l'incanalamento e il trattamento dei flussi nelle reti fognarie (*Stormwater Management Guidance Manual, Version* 3.0. 2015). Per regolare il processo progettuale delle infrastrutture, il PWD ha adottato un indicatore, il *Greened Acre* (*GA*), che rappresenta l'area di deflusso dell'acqua piovana (area colante) che viene gestita da una GSI anziché essere immessa nel sistema fognario. Un GA viene calcolato come:

$$GA = IC \times W_d$$

dove:

- IC = è la superficie impermeabile che utilizza la GSI. Questa quantità può includere l'area della GSI in sé, così come l'area che le drena.
- W_d = è la profondità dell'acqua sopra la superficie impermeabile che può essere fisicamente immagazzinata nell'impianto.

Parole chiave
Adattamento; *design* reattivo al clima; servizi ecosistemici; *green infrastructure*; soluzioni basate sulla natura; resilienza urbana; sensibilità climatica.

Obiettivi

Gli obiettivi imposti dagli *stakeholder* sono dieci e rispecchiano tutti gli aspetti migliorativi della gestione delle acque:

- *flussi d'acqua e risorse biologiche* (priorità degli stakeholder per questo obiettivo: 12%); ridurre l'impatto sulle risorse viventi, ricaricare il deflusso di base contestualmente alla riduzione delle aree impermeabili e dei picchi di *runoff*;
- *vita ed habitat acquatico* (priorità 9%): si vuole migliorare l'habitat dei corsi d'acqua e gli indici di integrità acquatica;
- *canali e bacini idrici* (priorità 7%): intervenire riducendo la sedimentazione e il ristagno delle rive e dei corsi d'acqua per proteggere e ripristinare le funzioni naturali dell'habitat acquatico e degli ecosistemi;
- *inondazioni* (priorità 11%): diminuire le inondazioni migliorando la gestione

delle acque piovane, dei punti critici, la pulizia degli ingressi, la gestione delle pianure alluvionali e delle strutture;
- *qualità dell'acqua* (priorità 9%): migliorare la qualità del flusso tra il tempo secco e umido;
- *carichi inquinanti* (priorità 10%): diminuire i carichi di sostanze inquinanti nelle acque superficiali;
- *corsi d'acqua* (priorità 11%): proteggere e ripristinare i corridoi dei corsi d'acqua, i margini, le pianure alluvionali e gli habitat naturali, comprese le zone umide;
- *qualità della vita* (priorità 12%): migliorare la qualità della vita ambientale comunitaria (proteggere gli spazi aperti, l'accesso e la ricreazione, la sicurezza, l'estetica, le risorse storico/culturali);
- *gestione dell'acqua* (priorità 11%): promuovere la gestione comunitaria (programmi di volontariato, educazione);
- *coordinamento* (priorità: 8%); migliorare la cooperazione e il coordinamento comunale, distrettuale, statale e degli enti interessati a livello di bacino idrografico.

I benefici consistono in un significativo miglioramento della qualità dell'acqua (37%) dal 2009 al 2016, un miglioramento dell'aspetto estetico e del valore delle proprietà (20%), una crescita delle attività ricreative (18%). Questi risultati sono stati raggiunti contestualmente all'aumento degli acri verdi (*Green Acre*) fino a 837,7. L'obiettivo, nel quinquennio 2016-2021, sarà quello di raggiungere i 2.148 acri verdi. Nei prossimi 25 anni sono previsti investimenti per 2 miliardi di dollari in nuove GSI e per il miglioramento di quelle esistenti.

Strategie ed azioni di adattamento

Ogni cinque anni, la Federal Emergency Management Agency (FEMA), agenzia di Governo degli Stati Uniti d'America che svolge funzione di protezione civile, richiede all'*Office of Emergency Management* di aggiornare il Piano di Mitigazione dei Rischi della città di Filadelfia (*Hazard Mitigation Plan* - HMP). L'HMP è lo strumento che aiuta l'amministrazione a capire fino a che punto i rischi, come inondazioni o bufere di neve, possono condizionare la vita di Filadelfia. Il piano esamina anche i progetti che possono contribuire a ridurre i danni causati da un disastro prima che questo accada, poiché un approccio proattivo è essenziale per l'ottimizzazione del ciclo di preparazione, risposta e recupero in caso di catastrofe. Queste attività includono la promozione di una solida pianificazione territoriale basata sui rischi noti per la comunità e sull'adozione di norme e standard edilizi e l'istituzione di assicurazioni contro le inondazioni. Nelle buone pratiche rientrano soluzioni di messa in sicurezza quali l'elevazione delle strutture al di sopra della pianura alluvionale e il sollevamento delle attrezzature critiche dal piano di allagamento. Dal 2011 al 2016 sono stati implementati sistemi di pianificazione, monitoraggio e manutenzione per creare una rete di infrastrutture verdi: a questo scopo è stato adottato un piano per la valutazione e il perfezionamento delle opere realizzate. L'articolo 322 del *federal Disaster Mitigation Act* del 2000 (DMA) richiede che gli enti locali si dotino di un piano come condizione necessaria al ricevimento dei fondi federali per la mitigazione delle catastrofi. L'HMP descrive il processo di identificazione dei pericoli, redigendo una valutazione dei rischi e un'analisi della vulnerabilità, identificando e favorendo le strategie di attenuazio-

Acre (GA), which represents the stormwater runoff area (Leaking Area) that is managed by a GSI instead of being fed into the sewerage system. A GA is calculated as:

$$GA=IC \times W_d$$

Where:
- *IC = is the impervious surface that uses GSI. This quantity may include the area of the GSI itself, as well as the area that drains in it.*
- *W_d = is the depth of water above the impervious surface that can be physically stored in the system.*

Keywords

Adaptation; Climate-responsive design; Ecosystem Services; Green Infrastructure; Nature-based solutions; Urban resilience; Climate sensitivity.

Goals

The objectives established by stakeholders are 10 and reflect all aspects of water management improvement:
- *water flows and biological resources (stakeholders' priority for this objective: 12%); the aim is to reduce the impact of urbanized flow on living resources, reload basic runoff at the same time as reducing impermeable areas and runoff peaks;*
- *aquatic life and habitat (priority 9%): improving the habitat of watercourses and the aquatic integrity indexes.*
- *channels and water basins (priority 7%): act by reducing sedimentation and stagnation of banks and watercourses to protect and restore the natural functions of the water habitat and ecosystems;*
- *floods (priority 11%): reducing floods by improving rainwater management, critical points management, clean entrances, floodplain, and structure management;*
- *water quality (priority 9%): improving the quality of the flow*



Fig. 2 - Permeable pavement, Lea School (Courtesy of West Philly Coalition for Neighborhood Schools).

between dry and wet weather.

- *pollutant loads (priority 10%): reducing pollutant loads in surface waters;*
- *watercourses (Priority 11%): protecting and restore watercourses corridors, margins, floodplains, and natural habitats, including wetlands;*
- *quality of life (priority 12%): improving the quality of community environmental life (protecting open spaces, access and recreation, safety, aesthetics, historical/cultural resources);*
- *water stewardship (priority 11%): promoting community management (voluntary programs, education);*
- *coordination (priority: 8%); improving cooperation and coordination between municipalities, districts, states, and relevant bodies at river basin level.*

The benefits consist of a significant improvement in water quality (37%) from 2009 to 2016, an improvement in the appearance and value of properties (20%), a growth in recreational activities (18%). These results were achieved at the same time as the increase in green acres to 837.7. The goal, in the five-year period 2016-2021, will be to reach 2,148 green acres. Over the next 25 years, investments of 2 billion dollars in new and improved GSI are planned.

Adaptation strategies and actions

Every five years, the Federal Emergency Management Agency (FEMA), the U.S. government agency responsible for civil protection, requests the Office of Emergency Management to update the Hazard Mitigation Plan (HMP). The HMP is the tool that helps the administration understand to what extent risks, such as floods or snowstorms, can affect Philadelphia's life.

The plan also examines projects that can help reduce the damage caused by a disaster before it happens, as a proactive approach is essential to optimize the disaster preparedness, response, and recovery cycle. These activities include promoting sound spatial planning based on known community risks, the adoption of building codes and standards and the establishment of flood insurance. Good practices include safety solutions such as raising structures above the floodplain and lifting critical equipment from the floodplain. From 2011 to 2016, planning, monitoring and maintenance systems were implemented in order to create a real network of green infrastructures: to this end, a plan was adopted for the evaluation and improvement of the works carried out. Article 322 of the Federal Disaster Mitigation Act of 2000 (DMA) requires local authorities to establish a mitigation plan as a necessary condition for receiving federal funds. The HMP describes the process of identifying hazards, drawing up a risk assessment and vulnerability analysis, iden-

ne e sviluppando un calendario di realizzazione.

L'HMGP (Programma di sovvenzioni per la mitigazione dei rischi) fornisce sovvenzioni a enti statali e locali affinché attuino strategie di diminuzione dei rischi a lungo termine dopo la dichiarazione di una catastrofe; l'obiettivo è ridurre le perdite di vite umane e di beni a seguito di disastri naturali e consentire l'attuazione delle misure nella fase immediatamente successiva a una catastrofe. I fondi possono essere utilizzati per tutelare la sicurezza del pubblico o di proprietà private o per l'acquisto di proprietà che sono state costantemente oggetto, o sono in pericolo, di danneggiamento. Nell'ambito del programma, il governo federale può arrivare a finanziare il 20% del totale delle spese per catastrofi concesse dalla FEMA, e fino al 75% del costo dei progetti approvati nell'ambito del programma.

Infine, il Programma di mitigazione dei disastri naturali (PDM) finanzia progetti di attenuazione dei rischi pianificati in previsione di un evento calamitoso; le sovvenzioni sono concesse su base competitiva a livello nazionale. Come per i finanziamenti HMGP, il potenziale di un progetto PDM deve essere superiore al costo di realizzazione dello stesso.

Soluzioni adattive

Il Filadelfia Water Department mette a disposizione i dettagli di progetto delle GSI: *stormwater drainage*, *green gutter*, *permeable paviment*, *stormwater bump-out*, *planter*, *stormwater tree*, *tree trench*. Tra queste, le più utilizzate nei progetti di retrofit delle strade di Filadelfia sono i *bump-out* e i *tree trench*: lo *stormwater bump-out* è un'estensione verde della linea di marciapiede all'interno della carreggiata il cui strato di terreno di semina è impostato più in basso rispetto all'altezza della grondaia della strada, consentendo il deflusso delle acque tramite uno o più ingressi. Le piante presenti in questa depressione depurano l'acqua piovana e ne assorbono un'aliquota con le loro radici; quella rimanente viene temporaneamente immagazzinata fino a quando non si infiltra o viene scaricata nella fogna. Il *tree trench* consiste in una trincea sotterranea installata nell'area del marciapiede, in corrispondenza della quale viene piantata una serie di alberi; la gestione delle acque piovane avviene collegando la trincea nel sottosuolo a una o più bocchette che



Fig. 3 - Shissler Recreation Center - Tree Trench (City of Philadelphia Green Streets Design Manual). Courtesy Philadelphia Water Department.

consentono di incanalare il deflusso della strada e del marciapiede al suo interno. L'acqua viene immagazzinata negli spazi vuoti tra le pietre, irrigando gli alberi prima di infiltrarsi lentamente attraversando il fondo della trincea. Se la capacità del sistema viene superata, l'acqua in eccesso può eludere del tutto la trincea e fluire attraverso un sistema di scarico collegato alla rete di drenaggio.

Processi attuativi

La città di Filadelfia ha emanato una serie di ordinanze per accelerare gli investimenti in infrastrutture verdi, rivedendo il suo sistema di tassazione delle acque piovane per creare una innovativa formula tariffaria, più equa e che rifletta fedelmente i costi di gestione delle acque piovane di ogni proprietà. Piuttosto che applicare un'unica tariffa forfettaria per tutti i clienti, le nuove tariffe vengono determinate calcolando l'ammontare della copertura impermeabile su una data proprietà, colpendo i contribuenti che contabilizzano superfici impermeabili più estese. La nuova ordinanza ha costituito inoltre un incentivo finanziario per le imprese a dotare gli immobili di infrastrutture verdi che riducono l'impermeabilità della copertura. Nel 2006, Filadelfia ha rivisto e snellito l'intero processo di revisione dello sviluppo stabilendo che le operazioni che comportino la movimentazione di più di 15.000 piedi quadrati di terra debbano presentare soluzioni per le acque piovane già all'avvio del processo di autorizzazione. L'ordinanza esonera inoltre i progetti dai requisiti standard di protezione del canale e di controllo delle inondazioni se possono ridurre di almeno il 20% l'area impermeabile direttamente collegata (DCIA), incoraggiando l'applicazione di pratiche sostenibili.

Le misure adottate al fine di limitare gli allagamenti localizzati, ridurre i sistemi di scarico combinato, migliorare la qualità dell'acqua e della vita dei residenti, sono state tradotte in programmi di adeguamento verde che interessano case, strade, scuole, impianti pubblici, parcheggi, giardini, edifici industriali e commerciali. Ne risultano oltre 200 progetti di *Green Street* realizzati o elaborati a Filadelfia che includono le GSI inserite nelle operazioni di retrofit, come quella del corridoio commerciale Lancaster a West Filadelfia: l'area di drenaggio per questo progetto è di 72.500 piedi quadrati con conseguente riduzione di 4.52 galloni di deflusso



Fig. 4 - Planter in Philadelphia Navy Yard (City of Philadelphia Green Streets Design manual). Courtesy Philadelphia Water Department.

tifying and promoting attenuation strategies and developing a timetable for implementation. The HMGP (Hazard Mitigation Grant Program) provides grants to state, local and tribal authorities to implement long-term risk mitigation strategies after a disaster has been declared; the objective is to reduce the loss of life and property as a result of natural disasters and to enable measures to be implemented in the immediate aftermath of a disaster. The funds may be used to protect the safety of the public or private property or to purchase property that has been constantly damaged or is in danger of being damaged. Under the program, the Federal Government can finance up to 20% of the total disaster expenditure granted by FEMA, and up to 75% of the cost of projects approved under the program. Finally, the Natural Disaster Mitigation Program (PDM) finances risk mitigation projects planned for a disaster event; grants are awarded on a nationwide competitive basis. As with HMGP funding, the potential of a PDM project must outweigh the cost of its implementation.

Adaptive solutions

Philadelphia Water Department provides on its website, the project details of the GSI: stormwater drainage, green gutter, permeable pavement, stormwater bump-out, planter, stormwater tree, tree trench. Among these, the most used in retrofit projects of the streets of Philadelphia are bump-outs and tree trenches: the stormwater bump-out is a green extension of the sidewalk line within the carriageway whose layer of seeding soil is set lower than the height of the road gutter, allowing the flow of water through one or more inputs. The plants located in this depression purify the rainwater and absorb an amount of it with their roots; remaining water is temporarily stored until it infiltrates or is discharged into the sewer. The tree trench consists of an underground trench installed in the pavement area, where a series of trees are planted; stormwater management is achieved by connecting the trench in the subsoil to one or more outlets that allow to channel the outflow of the road and sidewalk inside it. The water is stored in the empty spaces between the stones, irrigating the trees before slowly infiltrating through the bottom of the trench. If the system capacity is exceeded, residual water can completely evade the trench and flow through a drainage system connected to the drainage network.

Implementation processes

The City of Philadelphia issued a series of ordinances to speed up investment in green infrastructure, revising its rainwater charging system to create an innovative, fairer pricing formula that faithfully reflects the cost of stormwater management for each property. Rather than applying a single flat rate for

all customers, the new rates are determined by calculating the amount of impervious cover on a given property, affecting taxpayers who account for larger areas of impervious land. The new ordinance also supplied a financial incentive for companies to provide buildings with green infrastructure that reduces the impermeability of the roof. In 2006, Philadelphia revised and streamlined the entire development review process, determining that operations involving the movement of more than 15,000 square feet of land must present stormwater solutions at the beginning of the approval process. The ordinance also exempts projects from the standard requirements of canal protection and flood control if they can reduce the directly connected impervious area (DCIA) by at least 20%, encouraging the application of sustainable practices. The measures taken to contain localized flooding, reduce combined drainage systems and improve the quality of water and life of residents have been implemented in "green" adaptation programs for houses, roads, schools, public facilities, car parks, gardens, industrial and commercial buildings. As a result, more than 200 green street projects have been implemented or developed in Philadelphia, including the GSIs used in retrofitting operations, such as the Lancaster commercial corridor in West Philadelphia: the drainage area for this project is 72,500 square feet, resulting in a reduction of 4.52 gallons of stormwater runoff, and was completed in October 2010.

delle acque piovane ed è stato completato nell'ottobre 2010.

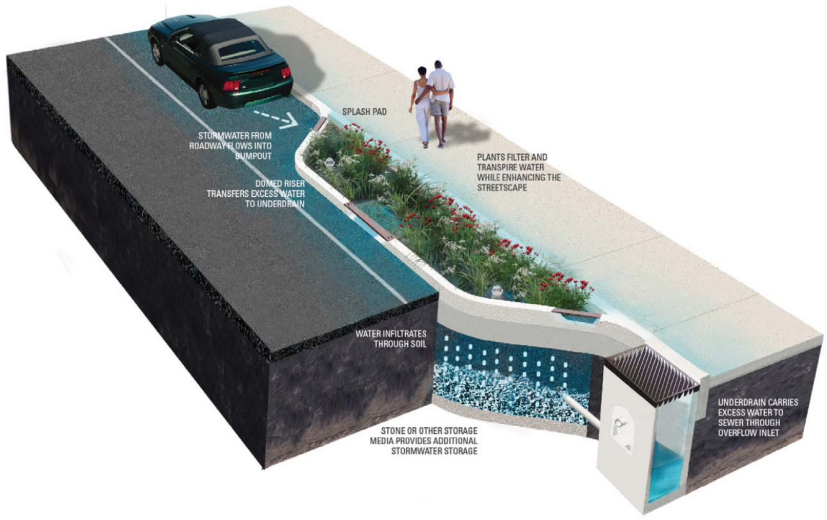


Fig. 5 - Mid-Block Stormwater Bump-out (City of Philadelphia GSI Maintenance Manual) courtesy Philadelphia Water Department.

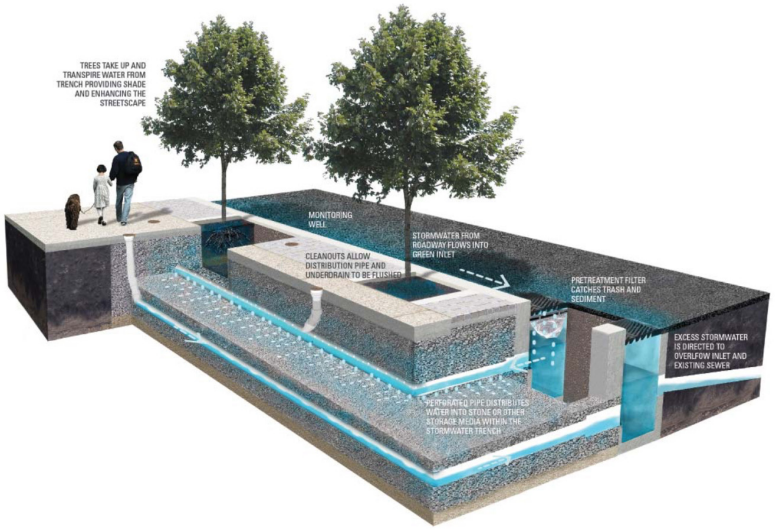


Fig. 6 - Tree Trench (City of Philadelphia GSI Maintenance Manual). Courtesy Philadelphia Water Department.

Websites

http://www.phillywatersheds.org/
https://www.phila.gov/
http://legacy.phila.gov/CityPlanning/aboutus/Pages/StaffDirectory.aspx

La gestione adattiva delle acque meteoriche a Seattle
Adaptive Stormwater Management in Seattle

Roberto Bosco, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Pietro Ferrara, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*

Time of realization	1999 - ongoing
Location	Seattle, USA
Climate zone (sensu Koppen)	Csb – warm and temperate climates
Hazard	Urban flooding
Intervention scale	Urban
Level of governance	Public, City of Seattle
Type of intervention	Specific measures for stormwater management
Catchment area	744.945 inhabitants
Cost of operation	600 millions of dollars
Average annual rainfall	969 mm
Water collected	1,5 billion of litres
Number of GSI	1600
Space occupied by GSI	1125 acres (permeable area - 2020)

Seattle sorge sulla costa occidentale degli Stati Uniti d'America, nello stato di Washington. Con una stima di 744.945 residenti a partire dal 2018, Seattle è la città più grande sia nello stato di Washington sia nella regione nord-ovest del Pacifico dell'America del Nord. A luglio 2013, è stata la città principale a più rapida crescita negli Stati Uniti ed è rimasta nella Top 5 fino a maggio 2015 con un tasso di crescita annuale del 2,1%. Le prime installazioni pubbliche delle *Green Stormwater Infrastructure* (GSI) in città risalgono al 1999, anno in cui sono state gettate le basi per un lavoro di squadra interdisciplinare e interdipartimentale propedeutico al loro successo nel contesto urbano. Le GSI infatti oggi rappresentano una componente chiave dell'infrastruttura di servizi "tradizionali" di Seattle, come gli acquedotti o le fognature, gestendo le piogge in modo naturale, eliminando l'inquinamento e permettendo all'acqua di penetrare nel terreno piuttosto che ristagnare in cortili, parcheggi e strade. L'utilizzo di GSI nella città di Seattle si è rivelato particolarmente efficace: oltre all'aspetto tecnico di gestione delle acque, la loro presenza nelle zone cittadine ne determina un considerevole aumento di valore a fronte di costi assolutamente comparabili con quelli dei sistemi convenzionali. Il valore multifunzionale delle GSI è presto divenuto evidente, tanto che la loro progettazione e messa in opera è diventato un requisito di base nel *National Pollution Discharge Elimination System Permit* (NPDES) della città, redatto in collaborazione con il Dipartimento di Ecologia dello Stato di Washington. Lo *Stormwater Management Plan* è stato sviluppato con lo scopo di salvaguardare la qualità dell'acqua riducendo al massimo possibile lo scarico di sostanze inquinanti per soddisfare i requisiti imposti dal *Clean Water Act* del 1972; era necessario inoltre soddisfare i requisiti statali sviluppando tutti i metodi noti, disponibili e ragionevoli per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque dello Stato. Per

Seattle is located on the west coast of the United States of America, in the state of Washington. With 744,945 estimated residents since 2018, Seattle is the largest city in both Washington state and the Northwest Pacific region of North America. In July 2013, it was the fastest growing major city in the United States and remained in the Top 5 until May 2015 with an annual growth rate of 2.1%. The first public installations of the Green Stormwater Infrastructure (GSI) in the city date back to 1999, when the foundations were laid for interdisciplinary and interdepartmental teamwork leading to their success in the urban context. GSIs are now a key component of Seattle's "traditional" service infrastructure, such as aqueducts or sewers, managing rainfall in a natural way, eliminating pollution, and allowing water to penetrate the ground rather than stagnating in courtyards, parking lots and roads. The implementation of GSI in the city of Seattle has proved to be particularly effective: in addition to the technical aspect of water management, its presence in urban areas leads to a considerable increase in value at totally comparable costs to those of conventional systems. The multifunctional value of the GSI has quickly become evident, so that its design and implementation has become a basic requirement in the city's National Pollution Discharge Elimination System Permit (NPDES), prepared in collaboration with the Department of Ecology of the State of Washington.

The Stormwater Management Plan was developed with the

aim of safeguarding water quality by reducing the discharge of pollutants as much as possible to meet the requirements of the Clean Water Act of 1972; it was also necessary to meet State requirements by developing all known, available and reasonable methods to prevent and control pollution of State waters. For the same purpose, in 2000, the Office of Sustainability & Environment (OSE) was created, an executive department that plays a key role in various areas, from the coordination of interdepartmental environmental sustainability programs (policies, work plans, awareness raising communication) to the development of innovative short-to-medium-term plans from the point of view of sustainability.

The department's tasks include the planning, management, and measurement of climate change in order to coordinate and monitor the adaptation policies and programs that can be implemented in the environmental field. In this sense, from 2000 to 2013, six projects were completed, which allowed to reduce the environmental impacts on streams between 74 and 99%.

Keywords
Adaptation; climate-responsive design; ecosystem services; green infrastructure; Nature-Based Solutions; urban resilience; climate sensitivity.

Goals

In 2013, City Council Resolution n°31459 established the GSI as the key point of a sustainable drainage system and imposed its use on the city of Seattle to manage the outflow of stormwater in any available context. The resolution and its executive decree therefore set a global implementation target: the management of 700 million gallons of annual runoff through GSI by 2025 and the development of a GSI implementation strategy for Seattle (five years 2015/2020), with the intermediate goal of treating 400 million gallons of rainwater each year by 2020 (in 2018 the managed gallons were 260 million). The basic purpose of any drainage system in the city of Seattle is to reduce the peak and runoff volume of a rain event with a return period of 25 years/24h (0.168 in/h = 4.27 mm/h). In practice, the aim is to improve in situ drainage and water quality according to the new city standards, thus also safeguarding the streams and the aquatic fauna present in them. At the same time, it is planned to improve the local infrastructure by creating new pavements, both vehicular and pedestrian, also with the aim of increasing the safety of pedestrians and cyclists.

Adaptation strategies and actions

The two key approaches adopted by the city of Seattle to assess the efficiency of a given GSI approach are the amount of space

il medesimo scopo, nel 2000, è stato creato l'*Office of Sustainability & Environment* (OSE), un dipartimento esecutivo che svolge un ruolo chiave in diverse aree, dal coordinamento dei programmi interdipartimentali di sostenibilità ambientale (politiche, piani di lavoro, comunicazione sensibilizzazione) allo sviluppo di piani a breve-medio termine innovativi dal punto di vista della sostenibilità. Rientrano nei compiti del dipartimento la pianificazione, gestione e misurazione dei cambiamenti climatici al fine di coordinare e monitorare le politiche e i programmi di adattamento implementabili nell'ambito ambientale. In questo senso, dal 2000 al 2013, sono stati completati sei progetti, che hanno permesso di ridurre gli impatti ambientali sui torrenti tra il 74 ed il 99%.

Parole chiave
Adattamento; *design* reattivo al clima; servizi ecosistemici; *green infrastructure*; soluzioni basate sulla natura; resilienza urbana; sensibilità climatica.

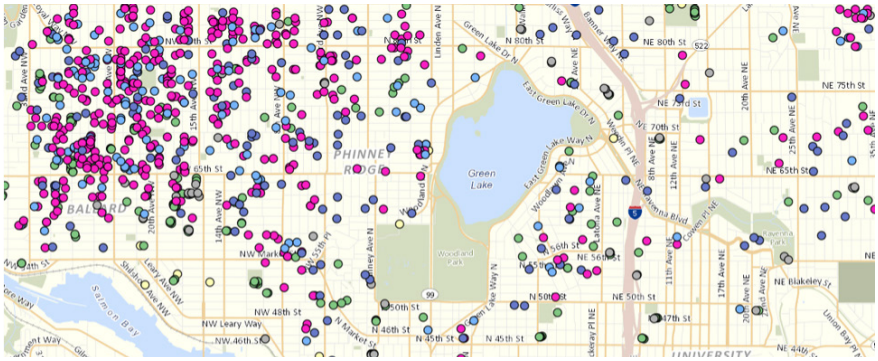


Fig. 1 - Stralcio della mappa delle GSI di Seattle / *Seattle GSI map excerpt (700milliongallons.org/gsi-around-you/).*



Fig. 2 - Green street on steep hill, Bell Street (progetto e immagine di Jon Winslow Architect) / *Green street on steep hill, Bell Street (project and image by Jon Winslow Architect).*

Obiettivi

Nel 2013 la *City Council Resolution* n. 31459, ha stabilito che le GSI devono essere il punto chiave di un sistema di drenaggio sostenibile e ne ha imposto l'utilizzo alla città di Seattle per gestire il deflusso delle acque piovane in ogni contesto che lo permetta. La risoluzione e il relativo decreto esecutivo hanno dunque fissato un obiettivo di implementazione globale: la gestione di 700 milioni di galloni di deflusso annuale tramite GSI entro il 2025 e lo sviluppo di una strategia di implementazione delle GSI per Seattle (quinquennio 2015/2020), ponendo come obiettivo intermedio il trattamento di 400 milioni di galloni di acque meteoriche di deflusso ogni anno, entro il 2020 (nel 2018 i galloni gestiti erano 260 milioni). L'obiettivo base di ogni sistema di drenaggio della città di Seattle è quello di ridurre il picco ed il volume di *runoff* di un evento di pioggia con periodo di ritorno di 25 anni/24h (0,168 in/h = 4,27 mm/h). In pratica si tende al miglioramento del drenaggio *in situ* e della qualità dell'acqua secondo i nuovi standard cittadini, salvaguardando così anche i torrenti e la fauna acquatica in essi presente. Contestualmente, si prevede di migliorare le infrastrutture locali realizzando nuove pavimentazioni, sia carrabili che pedonali, anche con lo scopo di aumentare la sicurezza dei pedoni e dei ciclisti.



Fig. 3 - Bioretention lungo il bordo stradale di Sylvan Way (Photo courtesy: Seattle Public Utilities) / *Bioretention along the roadside of Sylvan Way (Photo courtesy: Seattle Public Utilities).*

occupied per gallon managed and capital plus the long-term operating cost per gallon managed. The first is an efficiency indicator particularly relevant in places with confined spaces, such as right-of-way (ROW) or urban lots in high-density environments. The latter is very difficult to standardize in the multitude of GSI structures and project specific applications. GSI strategies, such as bioretention and permeable flooring, are in fact designed to meet variable and site-specific stormwater performance targets, thereby adjusting design components such as plant depth. Bioretention is also designed to improve the overall level of drainage, e.g. by providing the conveyance where it is lacking and there is therefore no fixed value that could indicate its efficiency: the "gallons managed" by each GSI depend on the relevant catchment area and therefore the performance objectives vary according to the type of catchment area. These problems highlight the need for an integrated approach to functional landscape design, as regards the right-of-way, limited in space. The most successful projects achieve an optimal mix of total managed rainwater gallons, improvement of the overall drainage level of the service and improvement and/or protection of the canopy volume of trees for climatic and landscape purposes. The cost per annual average volume removed is therefore an important reference point for assessing which practices to use, where and why. Table 1 summarizes the cost per gallon managed for two GSI strategies commonly used in public right of way, bioretention and tree planting. Seattle, in response to climate change and the resulting economic, infrastructural and health impact on the community, has developed since 2017 a strategy focused on improving the response of its services to climate change. This strategy includes actions to be taken in the period 2017-2022, covering the most diverse sectors: transport, parks, water management, buildings, land use, electricity. Each project strategy will start from the evaluation of climate impacts as well as their economic and social effects.

Adaptive solutions

The Green Stormwater Infrastructures Manual describes different types of GSI, such as: raingardens, bioretention, green roofs, permeable pavements, cisterns, trees. Designers working to implement GSI in the public right of way use an iterative design approach to ensure the best possible combination of stormwater performance and tree improvement in the road landscape (Green Stormwater Infrastructure in Seattle. Implementation Strategy 2015-2020). The iterative approach includes the following steps:

- *evaluation of the existing conditions: inspection of the entire area of the proposed project with a landscape architect from the Department of Transport in Seattle and evaluation*

of the condition of each tree of the road. Existing trees to be preserved are marked, as well as sick or weak trees, which can be replaced with a healthier or more suitable species. Unripe trees are marked for transplantation if necessary.

- *"30%, 60%, 90%" step design: various aspects of optimizing stormwater performance and improving trees are examined as the project becomes more detailed. For example, at 30% of the project, the proposed general locations for new road trees can be identified. These will be concretized at 60% and completed at 90%, when the selection of species will also be completed. This phase will generally involve discussions with members of the community.*
- *construction/plant and long-term maintenance: when the project is completed, both the bioremediation facilities and the new road trees are registered and mapped as public goods. Seattle's public services take care of the bioretention cells, while Seattle's Department of Transportation takes care of the road trees.*

Regarding the use of land and the built environment, it is foreseen, among other things, the application of regulations and programs related to floods in order to reduce the flood risk and consequently the insurance rates; it is also intended to continue to incorporate GSI in development regulations and to undertake regular updating of maps of areas subject to flooding. To mitigate the impact of heavy winter rains on the sewage system, departmental programs encourage citizens to collect rainwater that falls on their property, for irrigation or for domestic reuse.



Fig. 4 - Cellula di Bioretention./ *Bioretention cell (Seattle GSI Manual, volume III).*

Strategie ed azioni di adattamento

I due approcci chiave adottati dalla città di Seattle per valutare l'efficienza di un determinato approccio GSI sono la quantità di spazio occupato per gallone gestito e il capitale più il costo operativo a lungo termine per gallone gestito.

Il primo è un indicatore di efficienza particolarmente rilevante in luoghi con spazi ristretti, come i *right-of-way* (diritto di passaggio pubblico - ROW) o i lotti urbani in ambiti ad alta densità. Il secondo è molto difficile da standardizzare nella moltitudine di strutture GSI e di applicazioni specifiche di progetto. Le strategie GSI, come la *bioretention* e la pavimentazione permeabile, sono infatti progettate per soddisfare obiettivi di prestazione delle acque piovane variabili e specifici del luogo, regolando di conseguenza le componenti di progettazione come la profondità dell'impianto. La bioritenzione è anche progettata per migliorare il livello complessivo del drenaggio, ad esempio fornendo il convogliamento dove esso è carente e non esiste dunque un valore fisso che ne possa indicare l'efficienza: i "galloni gestiti" da ogni GSI dipendono dal bacino di pertinenza e quindi gli obiettivi di prestazione variano a seconda del tipo di bacino. Tali problematiche evidenziano la necessità di un approccio integrato alla progettazione funzionale del paesaggio, in particolare per quanto riguarda il diritto di passaggio pubblico, limitato nello spazio. I progetti di maggior successo raggiungono un mix ottimale tra galloni totali di acqua piovana gestiti, miglioramento del livello di drenaggio complessivo del servizio e miglioramento e/o protezione del volume della chioma degli alberi a fini climatici e paesaggistici. Il costo per volume medio annuale rimosso è quindi un importante punto di riferimento per valutare quali pratiche da utilizzare, dove e perché. La tabella 1 riassume il costo per gallone gestito per due strategie GSI comunemente utilizzate nel diritto pubblico di passaggio, bioritenzione e messa a dimora di alberi. Seattle, in risposta al cambiamento climatico ed al conseguente impatto economico, infrastrutturale e sanitario sulla comunità, ha sviluppato dal 2017 una strategia incentrata sul miglioramento della risposta dei suoi servizi ai cambiamenti climatici. Questa strategia prevede azioni da intraprendere nel periodo 2017-2022, che riguardano i più diversi settori: trasporti, parchi, gestione delle acque, degli edifici, uso del suolo, sistema elettrico, ecc. Ogni strategia progettuale partirà dalla valutazione degli impatti climatici e dei loro effetti economici e sociali.

	Investimento di capitale Costo/Gallone gestito	Operazioni + Costo di manutenzione/gallone gestito
Bioretention	$0,50 - $1,30*	$0,009 - $0,012
New Street Trees	$2,78**	$0,76

*Il costo minimo si riferisce alla sola bioritenzione. Quello massimo comprende altri miglioramenti (marciapiedi, rampe di accesso, ricostruzione della carreggiata ecc.)
** Comprende i costi di capitale e tre anni di manutenzione legata alla stabilità.

Tab. 1 - Costo per gallone gestito nei ROW (fonte: Green Stormwater Infrastructure in Seattle, 2025 Implementation Strategy)./ *Cost per gallon managed in ROWs (Source: Green Stormwater Infrastructure in Seattle, 2025 Implementation Strategy).*

Soluzioni adattive

Il *Green Stormwater Infrastructures Manual* descrive diverse tipologie di GSI, quali: *raingarden, bioretention, green roof, permeable pavement, cistern, tree*. I progettisti che lavorano per implementare le GSI nello spazio pubblico utilizzano un approccio progettuale iterativo per assicurare la migliore combinazione pos-

sibile di prestazioni delle acque piovane e implementazione della quantità degli alberi nel paesaggio stradale (*Green Stormwater Infrastructure in Seattle. Implementation Strategy* 2015-2020). L'approccio iterativo comprende le seguenti fasi:

- valutazione delle condizioni esistenti: sopralluogo sull'intera area del progetto proposto con un architetto paesaggista del Dipartimento dei Trasporti di Seattle e valutazione dello stato di ogni albero della strada. Gli alberi esistenti da conservare vengono contrassegnati, così come quelli malati o deboli, passibili di sostituzione con una specie più sana o più adatta, alberi immaturi sono segnalati per eventuali trapianti, se necessario;
- progettazione a scaglioni "30%, 60%, 90%": vengono esaminati diversi aspetti relativi all'ottimizzazione delle prestazioni man mano che il progetto diventa più dettagliato (al 30% del progetto, ad esempio, possono essere identificate le localizzazioni generali proposte per i nuovi alberi lungo le strade; questi saranno concretizzati al 60% e completati al 90%, quando sarà completata anche la selezione delle specie, questa fase prevede in genere il confronto con i membri della comunità);
- costruzione/impianto e manutenzione a lungo termine: quando il progetto è stato ultimato, sia gli impianti di biorisanamento che i nuovi alberi vengono registrati e mappati come beni pubblici; i servizi pubblici di Seattle si occupano delle cellule di bioritenzione, mentre il Dipartimento dei Trasporti di Seattle si prende cura degli alberi lungo le strade.

Per quanto riguarda l'uso del suolo e dell'ambiente edificato si prevede, tra l'altro, l'applicazione dei regolamenti e dei programmi correlati alle inondazioni al fine di ridurre il rischio di alluvione e conseguentemente i tassi di assicurazione; si intende inoltre continuare a incorporare le GSI nei regolamenti di sviluppo e intraprendere un'azione di aggiornamento regolare delle mappe delle aree soggette a inondazioni. Per mitigare l'impatto delle forti piogge invernali sul sistema fogna-

In this sense, simple tools are made available to calculate the indicative quantity of water that falls on the relevant surfaces in order to size the improvement intervention.

In the context of water supply and drainage systems, it is planned to complete a global strategy for adaptation to climate change and to identify and evaluate innovative approaches to rainwater management. Efforts will be focused on predictive analyses improving the ability to anticipate storm events, in carrying out threshold analyses of the sewerage system to determine sensitivity to different types of events; consequently, the Intensity, Duration, Frequency (IDF) curves used by stormwater infrastructure designers will be updated. Continuity of economic investment in GSI remains of primary importance.

Implementation processes

The city of Seattle divides Green Streets into two types: those located in the center of Seattle and defined and mapped in the Land Use Code, and those designated through neighborhood plans or other city adoption processes (e.g., through the City Council Ordinance). From 2013, the City Council and the Mayor provide guidelines for the implementation of the GSI, with the aim of managing, through them, 700 million gallons of water per year. For this purpose, the site "700 Million Gallons" has been created, which describes the types of GSI and the benefits derived from them, then the methodologies and tools available to citizens to implement them on their properties.

In addition, it is available the "Code of Compliance for Gre-



Fig. 5 - GSI integrate in una pista ciclabile / *GSI integrated into a bike path* (Photo courtesy: Seattle Public Utilities).



Fig. 6 - Venema Natural Drainage System Project (city of Seattle, 2019 NPDES-phase I. Stormwater Management Program). Photo courtesy: Seattle Public Utilities.

en Stormwater Infractures", which collects details on rainwater flows and the requirements of the code of water quality. Finally, the RainWise Program was drawn up, allowing Seattle residents to learn about the different solutions available for their properties. Projects completed by this program include 850 stormwater cisterns, 1030 rain gardens and 41 RainWise "Big Roof" projects, (50 hectares of total roof area: 2.17 million ft2), the largest of which was installed on the Tiny Tots Development Center (20807 ft2 of converted roof area). Every single intervention is located on a map that is available for online consultation. The program also includes two free training courses each year; the stormwater controlled each year is estimated at around 23 million gallons.

rio, i programmi dipartimentali incentivano la cittadinanza a raccogliere l'acqua piovana che cade nelle loro proprietà, per usi irrigui o per il riuso domestico. Vengono messi a disposizione, in questo senso, dei semplici strumenti per calcolare la quantità indicativa di acqua che cade sulle superfici di pertinenza in maniera tale da dimensionare l'intervento migliorativo. Nell'ambito dei sistemi di drenaggio ed approvvigionamento idrico si prevede di completare una strategia globale di adattamento ai cambiamenti climatici e di identificare e valutare approcci innovativi per la gestione delle acque piovane. Si concentreranno gli sforzi sulle analisi predittive che migliorino la capacità di anticipare eventi di tempesta, nell'effettuazione di analisi di soglia della rete fognaria per determinare la sensibilità a diversi tipi di eventi; di conseguenza si aggiorneranno le curve di Intensità, Durata, Frequenza (IDF) utilizzate dai progettisti delle infrastrutture per le acque piovane. Resta di primaria importanza la continuità degli investimenti economici nelle GSI.

Processi attuativi

La città di Seattle suddivide le *Green Street* in due tipi: quelle situate nel centro di Seattle e definite e mappate nel *Land Use Code* e quelle che sono designate attraverso piani di quartiere o altri processi di adozione della città (ad esempio tramite l'ordinanza del Consiglio Comunale). Dal 2013, il Consiglio Comunale ed il Sindaco forniscono le linee guida per la realizzazione delle GSI, con l'obiettivo di arrivare a gestire, tramite esse, 700mln di galloni d'acqua l'anno. A questo scopo è stato creato il sito "*700 Million Gallons*", in cui vengono descritte le tipologie di GSI e i benefici da esse derivanti, quindi le metodologie e gli strumenti a disposizione dei cittadini per realizzarle sulle loro proprietà. Inoltre, è possibile consultare il "Codice di conformità delle *Green Stormwater Infractures*", in cui sono raccolti i dettagli sui flussi di acqua piovana e i requisiti del codice di qualità dell'acqua. Infine, è stato redatto il Programma *RainWise*, attraverso il quale i residenti di Seattle possono conoscere le diverse soluzioni *Green Stormwater* disponibili per le loro proprietà. I progetti che questo programma ha portato a termine includono 850 *stormwater cistern*, 1030 *rain gardens* e 41 progetti "*Big Roof*" *RainWise*, (50 ettari di superficie di tetto totali: 2,17 milioni di ft2), il più grande dei quali è stato installato sul Tiny Tots Development Center (20807 ft^2 di superficie del tetto convertiti). Ogni singolo intervento è localizzato su una mappa che è disponibile alla consultazione on line. Il programma prevede inoltre due corsi di formazione gratuiti ogni anno; l'acqua piovana controllata ogni anno è stimata intorno ai 23 milioni di galloni.

Websites

https://www.idealist.org/en/government/b5983fb8d3544ad3815499d39d58cbb2-office-of-sustainability-and-environment-seattle
http://www.seattle.gov
http://climatechange.seattle.gov/wp-content/uploads/2018/01/Seattle-IDF-Curve-Update-TM_12-29-2017.pdf
https://www.700milliongallons.org/about/
https://streetsillustrated.seattle.gov/

Bagby Street Reconstruction: un'infrastruttura adattiva a Houston
Bagby Street Reconstruction: an Adaptive Infrastructure in Houston

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

Time of realization	2011-2013
Location	Houston, Texas, USA
Climate zone	Cfa
Hazard	Floodings, heatwaves
Intervention scale	Town
Level of governance	Houston Midtown Redevelopment Authority

Bagby Street Reconstruction è il progetto di riqualificazione di 3,2 ettari di un'asta urbana comprendente una decina di isolati, nella città di Houston. Si tratta del primo progetto certificato *Greenroads Rating Systems* in Texas, avente ad oggetto la riconversione di una infrastruttura stradale grigia che collega il centro della città al distretto del Midtown, con una densità di popolazione di circa 3,66 ab/mq.

L'intervento è stato commissionato dalla Midtown Redevelopment Authority, avviato a luglio 2011 su progetto dello studio Design Workshop e finito di realizzare nel giugno 2013, per un costo complessivo di $9.598.220.

Bagby Street è l'asse lungo il quale si sviluppa il Western Downtown di Houston, dove affacciano il Theatre District, le più importanti istituzioni civiche e culturali della città tra cui la City Hall, la Houston Library e la Heritage Society, nove parchi tra cui il Sam Houston Park, e diversi spazi pubblici. Attraversa un quartiere con servizi alla collettività, numerosi edifici residenziali plurifamiliari e spazi commerciali.

Le condizioni del contesto hanno richiesto una attenta riflessione su come relazionare la strada agli spazi pubblici che vi si affacciano, per cui il progetto non propone una sezione trasversale costante per l'intero asse stradale, ma adotta soluzioni site specific, *"block-by-block"*, pur mantenendo alcuni tratti comuni nella scelta dei materiali, delle essenze vegetali, delle tipologie di illuminazione e di segnaletica, che consentono di rendere riconoscibile, continuo e unitario l'intervento.

Il progetto è parte di un più complesso piano di riqualificazione urbana promosso dalla Midtown Redevelopment Authority. In origine prevedeva la semplice installazione di una condotta interrata per rispondere alla necessità di implementazione del sistema di drenaggio delle acque piovane verso il bacino idrico di Buffalo Bayou, per evitare fenomeni di allagamento. Il sistema preesistente, che risaliva agli inizi del 1900, non risultava infatti più adeguato ad assolvere la sua funzione. La realizzazione della nuova condotta richiedeva inoltre una complessiva risistemazione dei sottoservizi, e soprattutto la rimozione di diversi alberi, tra cui anche alcune querce storiche. Il *team* di progettazione interdisciplinare, coordinato dallo studio Design Workshop, ha quindi messo in discussione la visione settoriale del progetto dell'infrastruttura idrica, ribaltando i termini della questione a favore della visione multiobiettivo promossa dalla Midtown Redevelopment Authority

Bagby Street Reconstruction is the 3.2 hectare redevelopment project of an urban axis and its surroundings including ten blocks in the city of Houston. This is the first GreenRoads certified project in Texas, with the reconversion of a gray infrastructure that connects the city centre to the Midtown district, on which there is a population of about 3.66 inhabitants per square meter.

The intervention was commissioned by the Midtown Redevelopment Authority, launched in July 2011 based on a project by the Design Workshop studio and completed in June 2013, for a total cost of $ 9.598.220.

Bagby Street is the main axis of the Houston's Western Downtown, faced by the Theatre District, the most important civic and cultural institutions of the city including the City Hall, the Houston Library and the Heritage Society, 9 parks including the Sam Houston Park, and several public spaces. It crosses a mixed-use neighbourhood, with services to the community, numerous residential buildings and commercial spaces.

The conditions of the context required an accurate consideration about the relation between the road and the closed public spaces. The project does not propose a constant cross-section for the entire road axis, but adopts customized "block-by-block solutions", while maintaining some common traits in the choice of materials, vegetable essences, types of lighting and signage, which make it possible to read the continuity of the intervention.

The project is part of a more complex urban regeneration plan promoted by the Midtown Redevelopment Authority. Originally, it envisaged the simple installation of an underground pipeline to respond to the need of implementing the rainwater drainage system towards the Buffalo Bayou water basin, to avoid flooding. The existing system dating back to the early 1900s was no longer adequate. However, the construction of the

new pipeline would have led to an overall reorganization of the underground utilities and above all the removal of several trees, including some historic oak trees. The interdisciplinary design team, coordinated by the Design Workshop studio, proposed a radical change of the approach of the project, in favour of the vision promoted by the Midtown Redevelopment Authority, that is creating a long liveable pedestrian space in Bagby Street. A vision also confirmed from several studies and planning tools (Plan Downtown, Theatre District Master Plan, City of Houston Bike Plan) which highlight the opportunity to transform Bagby Street into a green corridor to be connected to the wider ecological network.

First of all, based on an in-depth analysis of the relatively modest traffic flows affecting the road, the demand for vehicular traffic was reduced, proposing the decrease of the road lanes from 4 to 2, with the consequent creation of new spaces for pedestrians and areas to parking area. Secondly, the easements of passage and the areas of road respect were exploited for the construction of rain gardens, therefore improving the overall drainage capacity of the road through the use of nature-based solutions.

After the intervention, Bagby Street Reconstruction has become a model for the redevelopment projects of the Houston road axes, also influencing the broader urban regeneration planning logic of the entire Midtown[1]. There are several awards received at the national and the international level:

- *2016 Center for Active Design Excellence Award;*
- *2015 APWA Project of the Year;*
- *2015 ULI Houston Development of Distinction;*
- *2014 American Public Works Association (Texas) - Public Works Projects of the Year in Transportation;*
- *2014 Making Cities Livable (International) Healthy Cities for All - Award for Active Mobility / Complete Streets;*
- *2014 Congress for the New Urbanism (National) - Best Street of the Year;*
- *2014 American Society of Landscape Architects (Texas) - Presidential Award of Excellence in Design and Implementation;*
- *2014 American Society of Landscape Architects (Texas) -*

1 In the summer of 2017, the passage of the Hurricane Harvey in the Houston area showed how much effective is the improvement of the drainage system offered by Bagby Street, through the construction of rain gardens and bio-basins designed to filter harmful contaminants in rainwater before they flow into the Buffalo Bayou river. Thus, it represents an example of resilient and high-performance infrastructure.

di realizzare ampi spazi pedonali vivibili in Bagby Street; una visione peraltro confermata anche da diversi studi e strumenti di pianificazione (*Plan Downtown, Theater District Master Plan, City of Houston Bike Plan*), che evidenziano l'opportunità di trasformare Bagby Street in un corridoio verde da collegare alla rete ecologica più ampia.

Si è quindi in primo luogo verificata l'effettiva domanda di mobilità carrabile, con una approfondita analisi dei relativamente modesti flussi che interessavano la strada, proponendo quindi la riduzione da 4 a 2 delle corsie stradali e il conseguente inserimento di spazi per i pedoni e aree a parcheggio. In secondo luogo sono state sfruttate le servitù di passaggio e le fasce di rispetto stradale per la realizzazione di *rain gardens*, migliorando la complessiva capacità di drenaggio della strada attraverso l'impiego di *Nature-Based Solutions*.

Bagby Street Reconstruction è diventata un modello per i progetti di riqualificazione degli assi stradali di Houston, influenzando anche le più ampie logiche progettuali di rigenerazione urbana dell'intero Midtown[1]. Diversi sono i riconoscimenti ricevuti a livello nazionale e internazionale:

- 2016 Center for Active Design Excellence Award;
- 2015 APWA Project of the Year;
- 2015 ULI Houston Development of Distinction;
- 2014 American Public Works Association (Texas) - Public Works Projects of the Year in Transportation;
- 2014 Making Cities Livable (International) Healthy Cities for All - Award for Active Mobility / Complete Streets;
- 2014 Congress for the New Urbanism (National) - Best Street of the Year;
- 2014 American Society of Landscape Architects (Texas) - Presidential Award of Excellence in Design and Implementation;
- 2014 American Society of Landscape Architects (Texas) - Merit Award for Communication;
- 2014 American Council of Engineering Companies (National) - Engineering Excellence Honor Award;
- 2014 American Council of Engineering Companies (Texas) - Engineering Excellence Gold Award in the Special Projects Category;
- 2013 First Greenroads® Project in Texas, 8th in World, Achieving Silver Certification (Highest Scored Project at Time of Certification).

Parole chiave

Green infrastructure, *Nature-Based Solutions* (*rain garden*), resilienza urbana, *climate responsive design*

Obiettivi

Il progetto si è posto gli obiettivi di:

1 Nell'estate del 2017 il passaggio dell'uragano Harvey nell'area di Houston ha mostrato l'elevata efficacia dell'intervento di miglioramento del sistema di drenaggio di Bagby Street attraverso la realizzazione dei rain garden e dei bio-bacini progettati per filtrare i contaminanti nocivi presenti nelle acque piovane, prima che queste defluiscano nel Buffalo Bayou, facendone un esempio di infrastruttura resiliente e ad alte prestazioni.

- ridurre lo scarico delle acque piovane nelle reti fognarie e quindi nel sistema idrico di Buffalo Bayou, intercettandone il deflusso attraverso la creazione di *rain garden*, ossia bio-bacini di infiltrazione e ritenzione;
- realizzare uno spazio urbano confortevole e fruibile per i pedoni, restituendo parte dello spazio pubblico della strada alla collettività;
- garantire la fruizione in sicurezza della strada a veicoli e pedoni, approntando misure per diminuire l'elevato tasso di incidenti lungo l'asse e ripristinando le condizioni del manto stradale pesantemente deteriorato e fessurato.

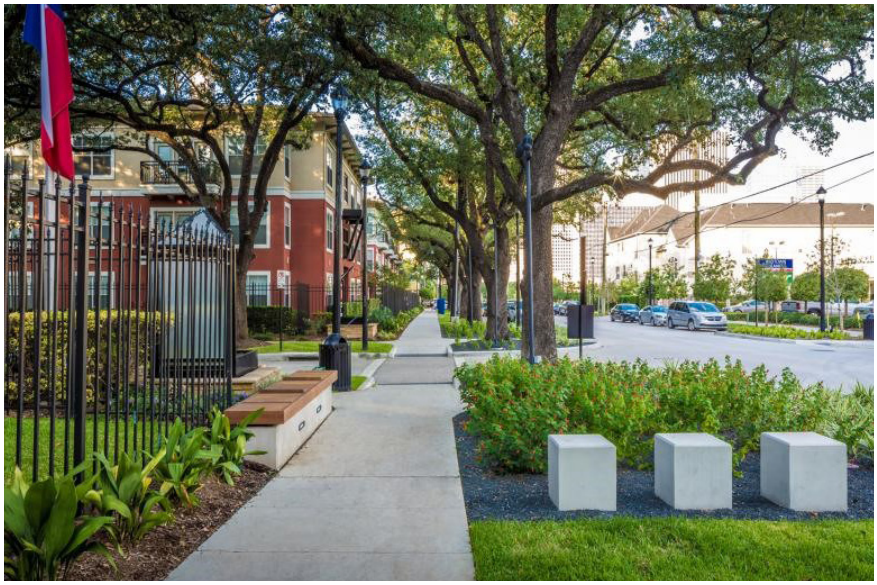


Fig. 1 - Vista di Bagby Street dopo l'intervento di riqualificazione (foto di Claudia Casbarian) / *View of Bagby Street after the redevelopment intervention (photo by Claudia Casbarian)*.



Fig. 2 - La planimetria mostra la riprogettazione della strada nell'ambito dei 12 blocchi (disegno di Design Workshop) / *The site plan shows the 12-block scope of the streetscape redesign (drawing by Design Workshop)*.

Merit Award for Communication;
- *2014 American Council of Engineering Companies (National) - Engineering Excellence Honor Award;*
- *2014 American Council of Engineering Companies (Texas) - Engineering Excellence Gold Award in the Special Projects Category;*
- *2013 First Greenroads® Project in Texas, 8th in World, Achieving Silver Certification (Highest Scored Project at Time of Certification).*

Keywords

Green infrastructure, Nature-Based Solutions (rain garden), urban resilience, climate responsive design

Goals

The objectives of the project are:
- *to reduce the discharge of the rainwater into the sewer and then into the Buffalo Bayou water system, intercepting its flow through the creation of rain gardens, or bio-basins for infiltration and retention;*
- *to create a comfortable and usable urban space for pedestrians, returning the public space of the road to the community;*
- *to guarantee the safe use of the road for vehicles and pedestrians, fostering measures to reduce the high accident rate along the axis and restoring the conditions of the heavily deteriorated and cracked road surface.*

Adaptation strategies and actions

Throughout the implementation of the project, the primary objective of increasing the soil permeability and the water drainage represented the starting point for an overall redesign of Bagby Street. Most of the actions taken to respond to purely environmental requirements, in fact, had significant design implications for the improvement of the pedestrian usability of the axis.

In order to implement the permeability of the soil, the project reduced the asphalt surface destined for vehicle transit and provided for the construction of 14.584 square meters of rain garden - lowered compared to the street level - which could be overcome through grid bridges in correspondence with the parking areas.

As a result of the reduction in the roadway surface, a 276% increase in pedestrian areas, 42% in tree-lined spaces and 13% in parking areas was achieved. The project then predicted a significant reduction in the distance between pedestrian crossings, which were slightly raised with respect to the road to avoid anyway the flooding during rain peaks.

From a safety point of view, lighting system was redesigned, for both driveways and pedestrian areas, with the positioning of new LED lamps, with a decorative function to highlight the new vegetation and the water mirrors. A total of 33 different plant species have been planted, arranging multi-purpose benches around high-trunk trees to equip suitable pedestrian areas. Finally, simple bicycle racks were placed along the entire axis.

The great attention paid to the usability of the spaces led to the decision to allocate 4% of the budget available for user services and aesthetic improvements, against an average in similar interventions of only the 1%.

This choice has contributed to raising up the urban quality of Bagby Street, giving it a unique character, so much that it has become the symbol of the redevelopment of Midtown, as well as a real "brand" for urban equipment solutions. The design of custom-made furniture made for Bagby Street has in fact been acquired by the Midtown Redevelopment Authority which is also applied it for the rest of the urban district.

Adaptive solutions

The intervention of redevelopment led to the achievement of remarkable environmental benefits. With regard to the water regulation and management, 33% of the rainwater was filtered

Strategie e azioni di adattamento

Nella realizzazione dell'intervento l'obiettivo primario di implementare la permeabilità del suolo e il drenaggio delle acque è stato di fatto utilizzato come occasione per approntare un ridisegno complessivo di Bagby Street. La maggior parte delle azioni messe in atto per rispondere a esigenze prettamente ambientali, ha infatti avuto significative ricadute in termini di miglioramento della fruibilità pedonale dell'asse.

Per implementare la permeabilità del suolo il progetto ha ridotto la superficie asfaltata destinata al transito dei veicoli e previsto la realizzazione di 14.584 mq di *rain garden*, ribassati rispetto al filo stradale, superabili attraverso ponti in grigliato in corrispondenza delle aree a parcheggio.

In conseguenza alla riduzione del calibro stradale carrabile si è ottenuto un aumento del 276% delle zone pedonali, del 42% degli spazi alberati e del 13% delle aree a parcheggio. Il progetto ha poi previsto una notevole riduzione della distanza tra gli attraversamenti pedonali, che sono stati leggermente rialzati rispetto al filo stradale per evitarne comunque l'allagamento nei picchi di pioggia improvvisa.

Dal punto di vista della sicurezza è stata riprogettata l'illuminazione sia dei percorsi carrabili, sia di quelli pedonali, con il posizionamento di nuove lampade a LED, anche allo scopo di valorizzare la presenza della nuova vegetazione e degli specchi d'acqua. Complessivamente sono state messe a dimora 33 diverse specie vegetali, sistemando panchine multiuso attorno a quelle ad alto fusto, per attrezzare aree adeguate alla sosta pedonale. Infine sono state sistemate semplici rastrelliere per biciclette lungo tutto l'asse.



Fig. 3 - Sistemazione delle aree pedonali / *Arrangement of the pedestrian areas (photo by Design Workshop).*

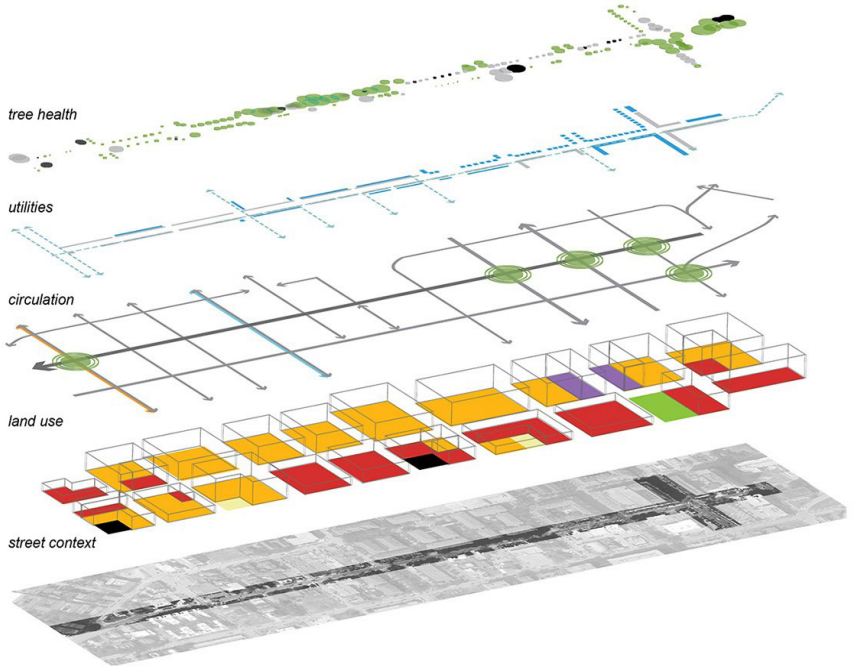


Fig. 4 - Il sistema urbano di Bagby Street (schema di Design Workshop) / *The urban system of Bagby Street (scheme by Design Workshop).*

La grande attenzione riservata alla fruibilità degli spazi ha comportato la decisione di destinare il 4% del budget a disposizione per servizi all'utenza e miglioramenti delle caratteristiche estetiche degli spazi, a fronte di una prassi che destinava a tali scopi solo l'1% delle risorse.

Tale scelta ha contribuito all'innalzamento della qualità urbana di Bagby Street, conferendole un carattere unico, tanto da diventare il simbolo della riqualificazione del Midtown, oltre che un vero e proprio "marchio" per soluzioni di design urbano *site specific* per Bagby Street, e quindi acquisito negli standard della Midtown Redevelopment Authority, che lo sta reimpiegando anche per il resto del distretto urbano.

Soluzioni adattive

A seguito dell'intervento di riqualificazione notevoli sono stati i benefici ambientali raggiunti.

Per quanto riguarda la regolazione e gestione delle acque, si è ottenuto che il 33% delle acque piovane sia filtrato nei *rain garden*, con la conseguente rimozione del 75% dei batteri, del 73% di fosforo, del 93% di olio e grasso, del 43% di azoto e dell'85% dei solidi sospesi, dalle acque fatte defluire verso il Buffalo Bayou (Fonte Landscape Archictecture Foundation: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Bagby%20Methods.pdf).

Il sistema è dimensionato per trattenere e trattare complessivamente l'equivalente di 2 anni delle precipitazioni (equivalente a 437.600 galloni, circa 1.656.000 litri di acqua). L'acqua piovana dalla strada scorre nei *rain garden* ribassati, dove

in rain gardens, with the consequent removal of 75% of bacteria, 73% of phosphorus, 93% of oil and fat, 43% of nitrogen and 85% of suspended solids, from the waters directed to Buffalo Bayou river (Source: Landscape Archictecture Foundation: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Bagby%20Methods.pdf). The system is dimensioned to retain and treat the equivalent of 2-year overall rainfall (up to 437.600 gallons, about 1.656.000 litres of water). The rainwater from the street flows into lowered rain gardens, where it is harvested, slowed down by the vegetation, partly held back by the vegetation itself and partly filtered by layers of engineered soil before being sent into the sewer.

The risk of flooding is further mitigated by the presence of trees. In fact, the project envisaged the maintenance of existing oaks and the planting of 175 new trees, which overall are able to intercept 38.564 gallons of rainwater annually (about 146.000 litres). Regarding the quality of the air, the trees planted also contribute to the sequestration of about 7.872 pounds of carbon in the atmosphere (about 3.57 tons) (calculations performed only on the new trees using the National Tree Benefit Calculator).

The choice of using a conglomerate with 25% fly ash instead of Portland cement, which requires much less energy for its production, was particularly relevant for the reduction of polluting



Fig. 5 - La pavimentazione colorata è stata scelta per dare vivacità alla strada (foto di D.A. Horchner / Design Workshop) / *The unique coloured pavers were specially chosen to give a vibrancy to the city street (photograph by D.A. Horchner / Design Workshop)*.

emissions. The estimation is that this choice has avoided the emission of 300 tons of CO_2 into the atmosphere (calculation carried out by the Design Workshop design studio).

Thanks to the substantial presence of trees, the project allowed the increasing of the 42% of the shaded areas on the pavements and therefore the reduction of the ground temperature by the 14%, improving the thermal comfort of the users and mitigating the heat island effect (measurements conducted on the 6th of June 2015 by Design Workshop Studio – Source: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Bagby%20Methods.pdf).

From the point of view of the social benefits it was found that the redevelopment intervention has improved the conditions of pedestrians, with the supply of new services, the improvement of comfort and the reduction of distances between crossing points, also increasing the safety of the road (as stated by 80% of the people interviewed, on a sample of 480).

The improvement of the Bagby Street image has also brought economic benefits. Between 2013 and 2015 there was a 26% increase in the property values of the surrounding buildings. Only in the first year after the beginning of the project in the area there was $ 25 million in private investment.

Implementation processes

Initially, the Bagby Street Reconstruction project was challenged by the Public Works and Engineering Departments of the City of Houston, because it was different from the traditional projects of rainwater management and prevention of the risk of flooding. Only the direct intervention of the Mayor of Houston and his staff, firmly convinced of the design choices, made possible to complete the work.

After the inauguration, the success of the intervention is also witnessed by the ordinance of the Mayor which requires a change in the practice of the planning of the streets of the city, imposing the direct involvement of the Public Works and Engineering Departments in the development of the system of transport, including parking and bike paths, through the development of targeted analyzes.

The design team analyzed on the one hand pedestrian behaviour and on the other the vegetation growth. The results were interesting and translated into indications of improvement for future interventions. In particular, some considerations were developed on the choice of more resistant materials for the pavement of the areas most used by pedestrians. Similar considerations have been elaborated with respect to the choices of vegetable essences, with the conclusion, for example, that the Iris ser. Hexagonae is not suitable for the realization of rain gardens, or on the contrary of the resilience and adaptive capac-

si raccoglie, rallentata in parte dalla vegetazione, e in parte filtrata dagli strati di terreno ingegnerizzato, prima di essere immessa in fognatura.

Il rischio di inondazione è ulteriormente attenuato dalla presenza degli alberi. Il progetto ha infatti previsto il mantenimento delle querce esistenti e la piantumazione di 175 nuovi alberi, che complessivamente sono in grado di intercettare annualmente 38.564 galloni di acqua piovana (circa 146.000 litri). Per quanto riguarda la qualità dell'aria, gli alberi messi a dimora contribuiscono al sequestro di circa 7.872 libbre di CO_2 dall'atmosfera (circa 3,57 tonnellate) (stime effettuate solo sulle nuove alberature, utilizzando il National Tree Benefit Calculator).

Inoltre la scelta di utilizzare un conglomerato con il 25% di ceneri volanti in luogo del cemento Portland, che richiede più energia per la sua produzione, ha evitato l'emissione in atmosfera di circa 300 tonnellate di CO_2 (calcolo effettuato dallo studio di progettazione Design Workshop).

Ancora alla presenza delle alberature si deve il risultato di aver aumentato del 42% le aree ombreggiate sui marciapiedi, e quindi ridotto la temperatura al suolo del 14%, migliorando il *comfort* termico degli utenti e mitigando l'effetto isola di calore (misurazioni riferite al 6 giugno 2015, effettuate dallo studio di progettazione Design Workshop – Fonte: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Bagby%20Methods.pdf).

Dal punto di vista dei benefici sociali si è riscontrato che l'intervento di riqualificazione ha ben risposto alle esigenze dei pedoni, con la fornitura di nuovi servizi, il miglioramento del *comfort* e la riduzione delle distanze tra gli attraversamenti, accrescendo anche la sicurezza nell'uso della strada (è quanto affermato dall'80% delle persone intervistate, su un campione di 480).

Il miglioramento dell'immagine di Bagby Street ha portato anche benefici economici. Tra il 2013 e il 2015 si è osservato un incremento del 26% dei valori immobiliari degli edifici circostanti. Solo nel primo anno dopo l'avvio del progetto nell'area si sono avuti $ 25 milioni di investimenti privati.

Processi attuativi

Inizialmente il progetto *Bagby Street Reconstruction* è stato contestato dal Public Works and Engineering Departments della città di Houston, perché difforme rispetto ai tradizionali progetti di gestione delle acque piovane e di prevenzione del rischio di allagamento. Solo l'intervento diretto del sindaco di Houston e del suo *staff*, fermamente convinti delle scelte progettuali operate, ha reso possibile il completamento dei lavori. A valle dell'inaugurazione, il buon esito dell'intervento è testimoniato anche dall'ordinanza del sindaco stesso che impone un cambiamento nel modo in cui progettare le strade della città, prevedendo il coinvolgimento diretto del Public Works and Engineering Departments nello sviluppo del sistema dei trasporti, incluso il progetto dei parcheggi e delle piste ciclabili, attraverso l'elaborazione di analisi mirate.

A lavori ultimati il *team* di progettazione ha analizzato da un lato il comportamento dei pedoni e dall'altro la crescita vegetale. Ne sono derivate interessanti osservazioni progettuali, tradotte in indicazioni di miglioramento per i futuri interventi. In particolare sono state sviluppate alcune riflessioni sulla scelta di materiali più resistenti a usura per la pavimentazione delle aree più utilizzate dai pedoni. Analoghe considerazioni sono state elaborate rispetto alle scelte delle essenze vegetali, con la constatazione ad esempio della inidoneità dell'*Iris ser. Hexagonae*

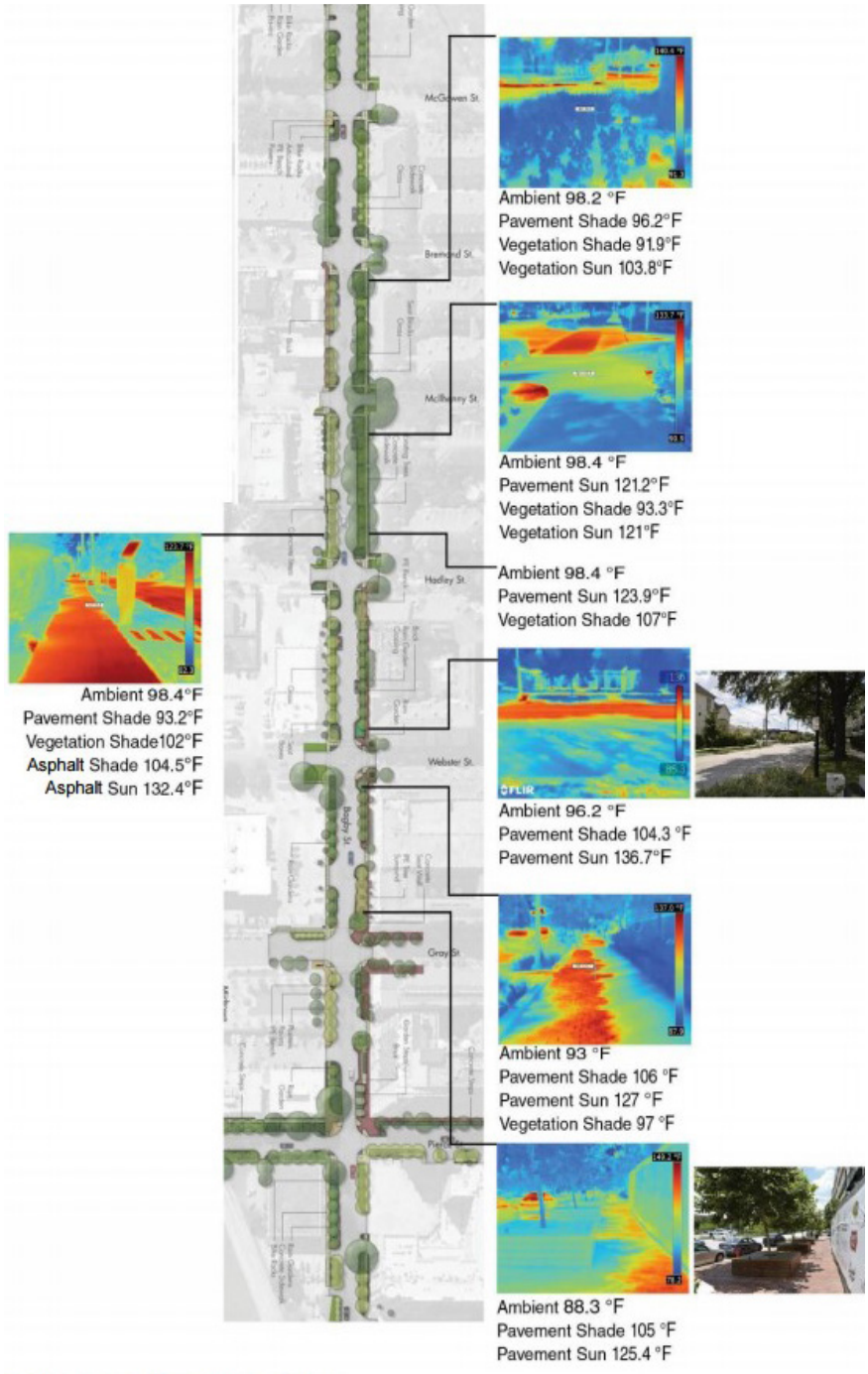


Fig. 6 - Studio sulla temperatura superficiale della strada condotto il 6 giugno 2015 (Shearer & Tierney, 2015: 7) / T*hermal study conducted on June 6, 2015 (Shearer & Tierney, 2015: 7)*.



Fig. 7 - Dettaglio sull'arredo urbano / *Detail of the urban forniture (photo by Claudia Casbarian)*.

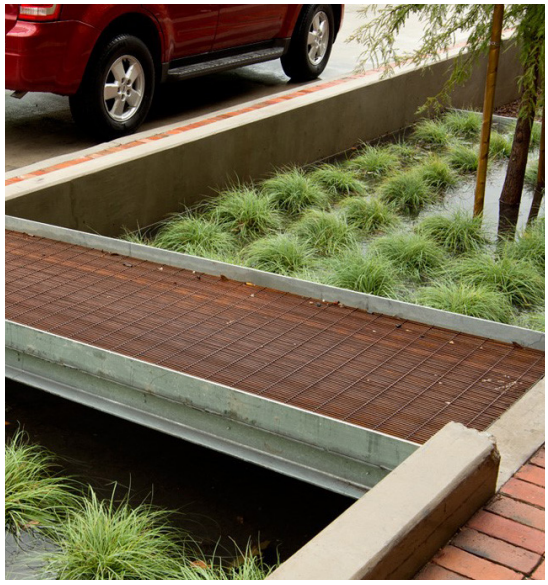


Fig. 8 - I rain garden si riempiono di acque piovane. Gli inquinanti vengono filtrati dalle piante e dal terreno prima di collegarsi al sistema fognario / *The rain gardens fill with stormwater runoff. Pollutants from the street are filtered out by plants and soil before connecting to the city drainage system (photo by D.A. Horchner / Design Workshop)*.

ity of Lilium martagon, even in areas with high pedestrian traffic.

The redevelopment process did not end with the intervention carried out in 2013. In 2018 the Bagby Street Improvement Plan was approved, for the development of Bagby Street as a strongly characterized and recognizable axis within the Downtown and the city of Houston, in synergy with civic institutions and urban parks along its path, of which it becomes a natural extension for events, for example, becoming a true multimodal corridor for all users.

Operationally, for this new development phase, 4 design alternatives have been developed based on the analyzes carried out and the indications provided by the Stakeholder Advisory Committee (SAC), involved in the process. On the basis of these the Recommended Conceptual Design was developed to the detail level, and thus lead to the implementation of the interventions by the summer of 2021. The project budget is $ 21.5 million.

alla realizzazione dei *rain garden* o, al contrario, della resilienza e capacità adattiva del *Lilium martagon* anche in aree con elevato traffico pedonale.

Il processo di riqualificazione non si è concluso con l'intervento realizzato nel 2013. Nel 2018 è stato approvato il Bagby Street Improvement Plan, per lo sviluppo di Bagby Street come asse fortemente caratterizzato e riconoscibile all'interno del Downtown e della città di Houston, in sinergia con le istituzioni civiche e i parchi urbani presenti lungo il suo percorso, di cui diventa una naturale estensione ad esempio in occasione di eventi, connotandosi come un vero e proprio corridoio multimodale per tutti gli utenti.

Operativamente per questa nuova fase di sviluppo sono state elaborati 4 alternative progettuali sulla base delle analisi effettuate e delle indicazioni fornite dallo Stakeholder Advisory Committee (SAC), coinvolto nel processo e, sulla base di queste, è stato definito il Recommended Conceptual Design da sviluppare a livello di progetto esecutivo e da portare quindi alla realizzazione entro l'estate del 2021. Il *budget* di progetto è di $ 21,5 milioni.

References

Cerati, D. (2019), *Nature-based Solutions and open spaces regeneration. Methods, tools and indicators for environmental design and assessment*, Tesi di Dottorato, Politecnico di Milano, XXXI ciclo, Relatore: prof. Andrea Tartaglia, Tutor: prof. Elena Mussinelli.

Downtown Redevelopment Authority (2018), "Bagby Street Improvement Plan", available at: http://www.downtowntirz.com/downtownhouston/wp-content/uploads/2018/02/180507_Bagby-Street-Improvment-Plan-FINAL-Report-Web.pdf.

Shearer, A.W. & Tierney, N. (2015), "Bagby Street Reconstruction", available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/bagby-street-reconstruction.

Walter P. Moore & Associates Inc. (2013), "Midtown Bagby Street Reconstruction Stormwater Management Report".

Websites

http://www.designworkshop.com/projects/bagby.html

https://www.greenroads.org/141/49/bagby-street-reconstruction.html

https://www.roadsbridges.com/no-5-bagby-street-reconstruction

https://www.walterpmoore.com/projects/bagby-street-reconstruction

http://www.asakurarobinson.net/anon-blog-author/bagby-street-planting/

https://www.convergentwater.com/focalpoint-low-impact-development/focalpoint-case-studies/midtown-redevelopment-case-study

Il corridoio ecologico del Passeig Sant Joan a Barcellona
The Ecological Corridor of the Passeig Sant Joan in Barcelona

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*
Giulio Hasanaj, *Università degli Studi di Firenze*

Time of realization	2008-2011
Localization	Barcelona, Spain
Climate zone (Koppen)	Cs-a
Hazard	Urban heat island
Intervention scale	Neighborhood, Urban axis
Governance level	Public, City of Barcelona
Type of intervention	Reconfiguration of public space

L'impianto planimetrico del Passeig Sant Joan, arteria principale di traffico veicolare e pedonale della città, risale al progetto dell'ingegnere spagnolo Ildefonso Cerdà e al suo piano di espansione *Ensanche*[1] per il secondo distretto della città di Barcellona approvato nel 1859. Il distretto occupa un'area di 7,54 km² nella parte centrale della città, è il più popolato di tutta la Spagna con 262.485 abitanti ed il secondo per densità con 35.586 ab/km².

Nel 2000 un'iniziativa della comunità residente ha spinto l'amministrazione comunale ad avviare un processo per la rivitalizzazione dell'area, da realizzare in più fasi, che prevedeva nuove attività ludiche, pedonali e commerciali, intervenendo su una delle arterie principali del progetto di Cerdà: il Passeig Sant Joan. L'impianto planimetrico dell'asse urbano è strutturato su 3 tipologie di strade da 20, 30 e 50 m, in ragione dei diversi obiettivi funzionali all'interno della gerarchia urbana dell'Ensanche (Landezine, 2012).

La creazione e l'attivazione di questi nuovi spazi deriva da un processo integrato di pianificazione che vede insieme obiettivi di rigenerazione urbana, di sostegno all'ecologia urbana e di implementazione alla mobilità sostenibile. Allo scopo di facilitare il processo stesso, la municipalità di Barcellona definisce un programma di "*collaborative design*" organizzato in tre momenti: comunicazione, partecipazione e cooperazione. La comunicazione si concretizza con azioni di educazione ambientale nelle scuole, informando sui benefici e insegnando il rispetto per gli spazi verdi. La partecipazione si attua con il continuo coinvolgimento delle associazioni e gruppi presenti sul territorio. La cooperazione prevede la progettazione dello spazio verde pubblico e include residenti e rappresentanti del distretto, al fine di comprendere le reali esigenze

The configuration of the Passeig Sant Joan, as the main thoroughfare of traffic and pedestrian way, dates back to the project of Spanish engineer Ildefons Cerdà[1], in its expansion plan for the second district of the City of Barcelona, approved in 1859. The district occupies an area of 7.54 km² in the central part of the city, and is the most populated of all Spain with 262,485 inhabitants, and the second for density with 35,586 inhabitants per km².

In 2000, the municipality was encouraged by the inhabitants to start a process for the revitalization of the area providing new recreational and commercial activities. The intervention is located on one of the main axes of the Cerdà project: the Passeig St Joan. The street is structured in 3 different width: 20, 30 and 50 m due to the different functional objectives of the road axis within the urban hierarchy of the Ensanche (Landezine, 2012).

The creation of these new spaces stems from participatory process with residents. The commitment of citizens is kept active by the Municipality of Barcelona which promotes practices of urban regeneration and ecology and sustainable mobility in the city. Main strategies are: communication, participation and cooperation. Communication takes place with environmental education actions in schools, informing on benefits and teaching respect for green spaces. Participation is carried out with the involvement of the associations and groups who lived on site. Cooperation shall include the design of the green public space. This must include residents and district representatives,

1 Il piano aveva lo scopo di ricucire la città storica cinta da mura con le municipalità periurbane dell'Ottocento. Durante la realizzazione del progetto, per motivi di igiene urbana, furono piantati più di 100.000 alberi. Il progetto urbanistico di Cerdà, si fondava su una lottizzazione a maglie regolari, costituita dall'isolato tipo che prende il nome di "*manzana*", di lato 113 m con smussature di 20 m agli angoli, che ancora oggi costituisce l'elemento generatore della maglia ortogonale che struttura la trama urbana.

1 The plan was intended to mend the historic walled city with the periurban municipalities. During the implementation of the project, for hygienic reasons, more than 100,000 trees were planted. The urban planning of Cerdà was based on a regular grid, consisting on enclosed block called "manzana", 113 m long with 20 m bevels at the corners.



Fig. 1 - Passeig Sant Joan: un'area di sosta permeabile / *Passeig Sant Joan: a permeable resting area* (Source: Adrià Goula).

identifying user needs and requirements[2].

Goals

The proposed renewal of the Passeig de Sant Joan sets two fundamental objectives: give priority to pedestrian and turning it into a new urban green area up to the Ciutadella park. The project started in 2008, while the construction work started in 2011. The project has an area of 31,455 m² with a total cost of EUR 4 million.

The Passeig Sant Joan implements climate adaptation strategies to counteract the urban heat island effect and reduce greenhouse gases emissions. Urban forestry actions increase the resilience of the city, increase natural beneficial effects and outdoor comfort, directly affecting the city's microclimate and citizens well-being.

The project has achieved all the setted objectives: built an ecological corridor, reduced carway traffic, give priorities to pedestrian space, created new playgrounds for childhood, and regenerated existing commercial activities. The last one play a key role on the whole operation.

Climate adaptation strategies and actions

2 *The projects relating to ecology, urban planning and sustainable mobility integrate into their design processes the "social players" (subjects and associations directly involved in the project). "Social players" are involved in different forms: neighborhood councils, monitoring committees, conferences, seminars, etc. (City of Barcelona. Urban, Ecology, Infrastructures and Mobility).*

degli utenti, i requisiti da soddisfare e i principali vincoli del contesto urbano[2].

Obiettivi

La nuova proposta di rinnovamento del Passeig Sant Joan fissa due obiettivi fondamentali: dare priorità all'utilizzo pedonale del viale e trasformarlo in una nuova zona verde urbana che si sviluppa fino al parco della *Ciutadella*. I lavori di progettazione sono stati avviati nel 2008 mentre la realizzazione dell'opera risale al 2011. Il progetto si estende su un'area di 31.455 m², per un costo totale di 4 milioni di euro.

Identificando specifiche soluzioni *nature-based*, il progetto attua azioni strategiche di adattamento al clima capaci di contrastare l'effetto isola di calore urbana e ridurre nel tempo le emissioni climalteranti. La concretizzazione di azioni progettuali di forestazione urbana incrementa la resilienza urbana della città, accrescendo gli effetti benefici naturali e del *comfort outdoor*, con una diretta influenza sul microclima in città e sul benessere dei cittadini (Ajuntament de Barcelona, 2017; Climate ADAPT, 2016).

L'intervento ha raggiunto tutti gli obiettivi prefissati realizzando un corridoio ecologico, riducendo il traffico veicolare, dando priorità allo spazio pedonale, innestando nuove aree giochi per l'infanzia e recuperando le attività commerciali esistenti. Quest'ultimo punto, che concerne la rigenerazione commerciale dell'area, ha costituito il vero motore di tutta l'operazione.

2 I progetti e dei piani relativi alle tematiche riguardanti ecologia, pianificazione urbana e mobilità integrano nei loro processi ideativi e attuativi i "social players", ovvero, i soggetti e le associazioni, direttamente o indirettamente, coinvolte nel progetto. La partecipazione dei "social players" si concretizza in diverse forme: consigli di quartiere, comitati di monitoraggio, conferenze, seminari, ecc. (City of Barcelona. Urban, Ecology, Infrastructures and Mobility).



Fig. 2 - Localizzazione dell'area di progetto nel constesto urbano / *Location of the project area in the urban context* (Source: Lola Domènech).

Strategie e azioni di adattamento climatico

Barcellona si è impegnata a diventare un modello di città sostenibile a livello globale nella risposta alle sfide dello sviluppo urbano legate al cambiamento climatico e all'incremento della popolazione. Le principali minacce climatiche, alle quali la strategia di adattamento della città intende rispondere, sono legate all'aumento delle temperature e agli eventi estremi ad esse connesse: aridità, ondate di calore e diminuzione delle precipitazioni. Ad amplificare gli effetti di questi fenomeni climatici estremi si aggiunge l'elevata densità urbana, che agisce come *driver* climatico urbano ed eleva esponenzialmente i rischi.

In quest'ottica operativa la città sta attuando il *Trees for life - Barcelona Tree Master Plan 2017-2037*: documento strategico che fornisce le indicazioni al consiglio comunale per tutte le azioni di pianificazione, gestione e conservazione legate al programma arboreo ed ambientale della città. Questo piano, insieme al *Barcelona Green Infrastructre Biodiversity Plan 2020*, per le azioni relative alle infrastrutture verdi e alla biodiversità, forniscono il quadro di riferimento principale di intervento a livello arboreo sul territorio (Climate ADAPT, 2016).

La città presenta un esiguo numero di aree verdi, riuscendo però a compensare questa carenza con un elevato numero di alberi. Si stima che la popolazione arborea comprenda oltre 1,4 milioni di piante che fanno di Barcellona la città europea con la più alta presenza di alberi nelle strade[3]. Il patrimonio arboreo pubblico conta 200.000 alberi di 150 specie diverse, 36.000 alberi nei parchi pubblici e 73.500 alberi nelle aree forestali dello stato, per un totale di 310.000 alberi all'interno dell'area comunale cittadina. L'obiettivo del *Tree Master Plan* è incrementare la densità arborea pubblica fino ad arrivare a un albero per ogni abitante (Ajuntament de Barcelona, 2013; Ajuntament de Barcelona, 2017).

3 CREAF (the Centre for Ecological Research and Forestry Applications) dati risalenti al 2009.

Barcelona aim to become a sustainable city, giving particular attention to the global challenges of urban development. The city's climate strategy aims to respond to rising temperatures and extreme events such as dryness, urban heat island and reduced rainfall. The effects of climate change are amplified by the high population density, which acts as an urban climate driver.

The city is implementing the plan "Trees for life. Barcelona Tree Master Plan 2017-2037", a fundamental document that provides indications to the Municipality of Barcelona for the actions of design, management and conservation of the arboreal and environmental heritage of the city. Together with the "Barcelona Green Infrastructure Biodiversity Plan 2020", which covers actions on green infrastructure and biodiversity, these two documents outline the main framework for action on trees in city (Climate ADAPT, 2016).

The city has few green areas but a large number of trees. The arboreal population is estimated at 1.4 million plants, making Barcelona the European city with the largest number of trees in the streets[3]. The public arboreal heritage has 200,000 trees, of 150 different species. In addition, it has 36,000 trees in public parks and 73,500 trees in national park and forest areas. The Barcelona City Council area has a total of 310,000 trees. The objective of the Tree Master Plan is to increase the density of public trees to one tree per inhabitant (Ajuntament de Barcelona, 2013; Ajuntament de Barcelona, 2017).

The mission of the city of Barcelona, implemented through

3 CREAF (the Centre for Ecological Research and Forestry Applications) data dating back to 2009

these two plans, is to create a woodland that embraces the city, combining the built environment with the natural one, able to be resilient and adaptive to climate change.

Climate adaptive solutions

There are 3 different sections along the Passeig Sant Joan. Sections 1 and 2, from Arc de Triomf to Mossen Cinto Verdaguer, are very similar and they only change in distribution of lanes. In both sections, the structure of the boulevard is symmetrical with 12.5 m pavements, a 25 m carriageway and a central cycleway. Road and pavements were in state of decay, causing problems with accessibility for pedestrians, cyclists and vehicles. Section 3 is different from the previous ones due to a recent urban transformation. This have a central walkway of 29 m with cycleways on both sides, three lanes for cars of 7.50 m and pavements of 3 m on each side (Landezine, 2012).

In order to achieve the objectives set in the project of riconfiguation of the existing urban street, the designer, Lola Domeneque, adopted three fundamental criteria: constant section over the entire length of the avenue, flexibility of the urban space for different uses, creation of a new sustainable and adaptive urban green area.

The project consists of exclusive way for pedestrians and bicycles and a high presence of vegetation.The new section is symmetrical and extends the width of the current pavement from 12.5 to 17 m, keeping the secular trees and accompanying them



Fig. 3 - I corridoi verdi nel *Tree Master Plan* di Barcellona / *Green corridors in the Tree Master Plan of the city of Barcelona* (Source: City of Barcelona).

La missione della città di Barcellona, attuata attraverso questi due piani sul verde urbano, è quella di creare una *woodland* che abbracci quanto più possibile la città, capace di coniugare l'ambiente antropizzato con quello naturale e sia in grado di essere resiliente e adattivo al *climate change*.

Soluzioni di adattamento climatico

Sebbene la larghezza tra le facciate degli edifici, allo stato originario, rimanga costante lungo tutto il tratto del Passeig Sant Joan e misuri 50 m, si leggono distintamente 3 diverse sezioni nel *boulevard*. Le sezioni 1 e 2, da Arc de Triomf fino a Mossen Cinto Verdaguer, sono molto simili e variano solo nella distribuzione delle corsie. In entrambe le sezioni, la struttura compositiva del viale è simmetrica con marciapiedi di 12,5 m, una carreggiata di 25 m per le automobili e una pista ciclabile centrale. Le pavimentazioni stradali e dei marciapiedi si presentavano in stato di degrado, causando problemi all'accessibilità pedonale, ciclabile e carrabile. La sezione 3 è diversa dalle precedenti per una recente trasformazione urbanistica. Questa configura lo spazio con una passeggiata centrale di 29 m, affiancata da piste ciclabili per entrambi i sensi di marcia, tre corsie per auto di 7,50 m e marciapiedi di 3 m su ciascun lato (Landezine, 2012).

Al fine di raggiungere gli obiettivi fissati per la rivitalizzazione dell'asta urbana, la progettista Lola Domeneque ha adottato tre criteri fondamentali nella progettazione: sezione costante su tutta la lunghezza del viale, flessibilità dello spazio urbano a diversi usi, creazione di una nuova zona verde urbana sostenibile e adattiva.

Il progetto è costituito da percorsi ad uso esclusivo di pedoni e biciclette e da un'elevata presenza di vegetazione. La nuova sezione è simmetrica ed estende la larghezza delle attuali pavimentazioni da 12,5 a 17 m, mantenendo gli alberi secolari ed accompagnandoli con due nuove file di arbusti. I diversi usi dello spazio urbano vengono in questo modo armonizzati e possono convivere tra loro. I 17 m di marciapiede sono stati organizzati in modo tale che 6 m siano assegnati al percorso pedonale, mentre i restanti 11 metri, situati sotto le file di alberi, siano destinati a usi ricreativi con presenza di panchine, aree giochi per bambini e *dehors* di attività commerciali.

Le proposte chiave del progetto riguardano la riduzione del numero di corsie di traffico, la creazione di zone di svago sotto gli alberi e la separazione del flusso ciclabile da quello pedonale. Gli studi sul traffico stradale hanno mostrato come la strada originaria fosse sovradimensionata. Questo ha permesso di ridurre lo spazio destinato alle auto e trasformarlo in una zona di transito per la mobilità lenta. La pista ciclabile a doppio senso di 4 m è stata collocata in una fascia protetta situata al centro della carreggiata. Le scelte progettuali sono guidate dalla volontà di avere il 40% delle specie arboree in grado di resistere alla siccità e al calore. Vengono selezionate piante con basso fabbisogno idrico e per ogni specie di albero viene determinata l'irrigazione appropriata in base alla sua biologia, al luogo e alla stagione di piantumazione.

Al fine di garantire la sostenibilità di questo nuovo *layout* verde, è stato installato nella zona alberata un sistema di pavimentazione permeabile e di irrigazione automatica che utilizza l'acqua proveniente dalla falda. Questi due sistemi sono fondamentali per garantire il drenaggio nei substrati del terreno e salvaguardare la sopravvivenza della vegetazione. Il trattamento dei marciapiedi è strettamente

legato agli usi della nuova strada: nella zona pedonale il pavimento è costituito da lastre di pavimentazione *panot*[4], tipica pavimentazione del quartiere *Ensanche*, mentre nelle zone ricreative viene posata una nuova pavimentazione prefabbricata.

La trasformazione urbana ha permesso al Passeig Sant Joan di riconquistare il suo valore storico e sociale, di asse urbano e spazio pubblico, e di rivitalizzare le aree commerciali affidando agli spazi verdi la funzione ricreativa insieme a quella adattiva e mitigativa, creando luoghi per il relax e lo svago e riducendo al contempo la vulnerabilità ad eventi climatici futuri più severi.

Indicatori e parametri per il progetto

Il *Tree Master Plan* ha condotto la città di Barcellona ad affrontare studi approfonditi sulla progettazione del verde urbano, attraverso l'utilizzo di *Nature-Based Solution* e *urban forestry*, individuando i principali parametri per il progetto, al fine di incrementare la resilienza in ambito urbano. Dall'analisi delle strategie clima-adattive cittadine, dalle disposizioni certificate UNI-EN-ISO 14001-04, nel campo della gestione e manutenzione delle aree verdi pubbliche e degli alberi, e dal progetto attuativo del Passeig Sant Joan, si deduce che i principali parametri per il progetto sono riferibili alla specie arborea, alla dimensione del marciapiede e delle vasche di piantumazione per gli alberi.

La selezione delle specie deve essere operata in base alle condizioni ambientali e alle sollecitazioni termiche estreme, senza superare il 15% del totale degli al-

4 Il termine descrive un repertorio di piastrelle di cemento di dimensione 20x20 cm, generalmente decorate con un fiore a quattro petali, progettate dall'architetto Josep Puig i Cadafalch nel 1906. Queste piastrelle occupano circa cinque milioni di metri quadrati del suolo della città di Barcellona.

with two new rows of trees. The new section must satisfy the different uses of this urban space, harmonizing them and allowing to live together. The 17 m of pavement have been arranged in such a way that 6 m are allocated to the pedestrian platform, while the remaining 11 m, located under the rows of trees, are intended for recreational use with benches, playground for children and dehors of commercial activities.

The main proposals of the project are to reduce the number of traffic lanes, create recreational areas under trees and separate the cycling flows from the pedestrian one. The studies on road traffic showed that the original road was oversized. This has made it possible to reduce traffic spaces and turn it into a transit zone for slow mobility. The two-way cycle path of 4 m is located in a protected area in the centre of the road. The design choices are driven by the aim to have 40% of the tree species able to resist drought and heat. Plants with low water requirements are selected and for each tree species the appropriate irrigation is defined according to its biology and location and planting season.

In order to ensure the sustainability of this new green area, has been installed a mixed flooring system. An automatic irrigation system is using groundwater to ensure the drainage of the substrates and therefore the survival of the vegetation. The treatment of pavements is closely linked to the uses of the new road: in the pedestrian zone the floor consists of



Fig. 4 - Sezione stradale sul Passeig Sant Joan / *Road section on the Passeig St Joan* (Source: Lola Domènech).

"panot[4]" paving slabs, typical paving of the district Ensanche, while in recreational areas a new prefabricated pavement is laid.

The urban transformation of Passeig Sant Joan has managed to achieve multiple results: it has regained its historical value as an urban and social axis of public space, has revitalized commercial areas attributing green spaces for relaxation and leisure that adapt and mitigate in response to the most severe climatic impacts.

Indicators and design parameters

The Tree Master Plan led the city of Barcelona to address in-depth studies on urban green design, through the use of nature-based solution and urban forestry, identifying the main parameters for the project, in order to increase resilience in urban environment. From urban climate-adaptive strategies, certified norms as UNI-EN-ISO 14001-04, and the project of the Passeig Sant Joan, the main parameters for the project are related to: tree species, dimension of sidewalks and tree pits.

The selection of right species should be done according to the environmental conditions, choosing those most resistant to urban flooding phenomena and extreme thermal stresses, without exceeding 15% of the total urban trees in the city, avoiding mono-species populations and those vulnerable to diseases and pests. Size of the tree is one of the most important factors in choosing the appropriate species in urban environment. Dimensions are determined by two parameters: the crown diameter and the height of the tree. Trees are classified as small when the crown is less than 4 m and 6 m high, medium trees have crown between 3.5 and 6 m and between 6 and 15 m high, while large trees have crown over 6 m and heights over 15 m (Ajuntament de Barcelona, 2017).

The width of the sidewalks influences the type of road and the selection of the tree's species. Small-size trees may be planted on narrow roads with a width of less than 3.5 m. Medium-wide roads with a size between 3.5 and 6 m allows medium-sized trees. Large trees can be planted on wide streets with a platform width of more than 6 metres.

Tree pits are key parameter to be considered in the design of urban environment. The dimensions of the pits define the physical space within which the root system of the plant develops. In the city of Barcelona there are two types of tree pits, the individ-

beri presenti in città, evitando popolazioni mono-specie e vulnerabili a malattie e parassiti. La grandezza dell'albero è uno dei fattori più importanti nell'individuazione della specie appropriata da collocare in ambiente urbano. Questa è determinata da due parametri: il diametro della chioma e l'altezza. Sono classificati come alberi "piccoli", gli arbusti con chioma inferiore a 4 m e altezza inferiore a 6 m; "medi", quando la chioma varia tra i 3,5 ed i 6 m e l'altezza tra i 6 e i 15 m; mentre rientrano tra quelli di "grandi dimensioni", tutte le piante che presentano chiome superiori a 6 m e altezze superiori ai 15 m (Ajuntament de Barcelona, 2017).

La larghezza del marciapiede influenza la tipologia di strada e la scelta della specie da piantumare. Nelle strade strette, con una larghezza di marcia inferiore a 3,5 m, vengono piantati alberi di piccola dimensione. In strade di media larghezza con dimensione compresa tra 3,5 e 6 m, possono essere piantati alberi di media dimensione. Infine, nelle strade ampie, con larghezza del marciapiede superiore a 6 m, possono essere piantati alberi di grandi dimensioni.

Le vasche di piantumazione degli alberi rappresentano un ulteriore parametro fondamentale da tenere in considerazione nella progettazione dell'ambiente urbano. Il dimensionamento dello scavo definisce lo spazio fisico entro il quale si sviluppa il sistema radicale della pianta. Nella città di Barcellona ci sono due tipi di vasche per gli alberi: quelle singole - più comuni - e quelle multiple. Le superfici minime delle vasche singole variano da 1 m², per strade strette e di medie dimensioni, a 1,5 m², per strade ampie. In tutti i casi, le aree per la messa a dimora delle piante non devono essere delimitate da cordoli sporgenti dal livello della pavimentazione, permettendo così all'acqua piovana di defluire nel terreno. Le vasche di piantumazione multiple invece contengono più di un albero e possono anche comprendere altri tipi di vegetazione, formando così aiuole sulla strada pubblica. Questi tipi di vasche sono generalmente rettangolari con una larghezza minima di 0,8 m.



Fig. 5 - Un'area di sosta permeabile durante la realizzazione / *Permeable resting area under construction* (Source: Adrià Goula).

4 *The term describes a 20x20 cm concrete tiles decorated with a four-petal flower, designed by the architect Josep Puig i Cadafalch in 1906. These tiles occupy about five million square meters of the soil in the city of Barcelona*

L'uso della vegetazione all'interno delle città è una delle soluzioni maggiormente adottate, e globalmente condivise dalla comunità scientifica per il contributo che queste possono garantire al miglioramento del microclima urbano attraverso la riduzione delle temperature dell'aria, l'ombreggiamento diretto e l'evapotraspirazione delle superfici naturali. L'uso di alberature all'interno di piazze e lungo le strade offre zone d'ombra che, attraverso le foglie e i rami, riducono il carico di radiazioni solari che raggiungono l'area al di sotto delle chiome. Durante i periodi estivi, questa riduzione si aggira al 70-90% a seconda del tipo di albero e della grandezza della chioma, mentre la restante parte viene assorbita dalle foglie e riflessa in atmosfera. Per innescare il verificarsi di fenomeni di evapotraspirazione, con conseguente raffrescamento dell'ambiente, oltre all'uso di alberature per garantire ombra, è necessario aumentare le superfici permeabili naturali (Bassolino, 2016; Salomoni 2018).

L'evapotraspirazione, da sola o in combinazione con l'ombreggiamento, può aiutare a ridurre i picchi di temperature dell'aria in estate. Nelle aree suburbane, con alberi maturi, si misurano riduzioni di 2 - 3 °C rispetto ai quartieri senza alberi; le temperature rilevate nei campi sportivi in erba sono 1 - 2 °C inferiori rispetto alle aree confinanti (EPA, 2008).

Studi più recenti che utilizzano strumenti di simulazione comparata e software microclimatici predittivi, dimostrano che la regolazione termica microclimatica operata dalle piante dipende, oltre che dalla specie, anche dalla morfologia urbana. Le conoscenze acquisite consentono oggi di inserire "l'albero giusto al posto giusto". Basandosi sull'evidenza dei risultati scientifici applicata alla progettazione (*evidence-based design*) e sull'approccio prestazionale (*performance-based approach*) è possibile orientare le scelte tecniche al fine di conseguire una pianificazione e progettazione degli spazi verdi supportata da un reale e quantificato beneficio termico (Mourakinyo, 2020).

dual ones - more common - and the expanded ones. The minimum floor area of single pits ranges from 1 m² for narrow and medium-sized streets to 1.5 m² for large streets. In all cases, the areas belonging to the plant must never be delimited by curbs above the groud level, thus allowing rainwater to flow into the pits. The expanded pits contain more than one tree. They can also be planted with other vegetation, thus forming flower beds on the road. These types of pits are generally rectangular with a minimum width of 0.8 m.

The use of vegetation within cities is one of the most widely used solutions, and globally shared by the scientific community for the contribution that they can give to the improvement of the urban microclimate. Furthermore, reducing air temperatures, increasing direct shading and evapotranspiration of natural surfaces. The use of trees inside squares and along roads offers areas of shade that, through the leaves and branches, reduce the load of solar radiation reaching the area below. During the summer, this reduction is about 70-90% depending on the type of tree and the size of the crown, while the remaining part is absorbed by the leaves and reflected in the atmosphere. To trigger the occurrence of evapotranspirative phenomena, resulting in cooling of the environment, in addition to the use of trees to ensure shade, it is necessary to increase the natural surfaces (Bassolino, 2016, Salomoni, 2018). In suburban areas with mature trees, reductions of 2 - 3°C are measured compared to

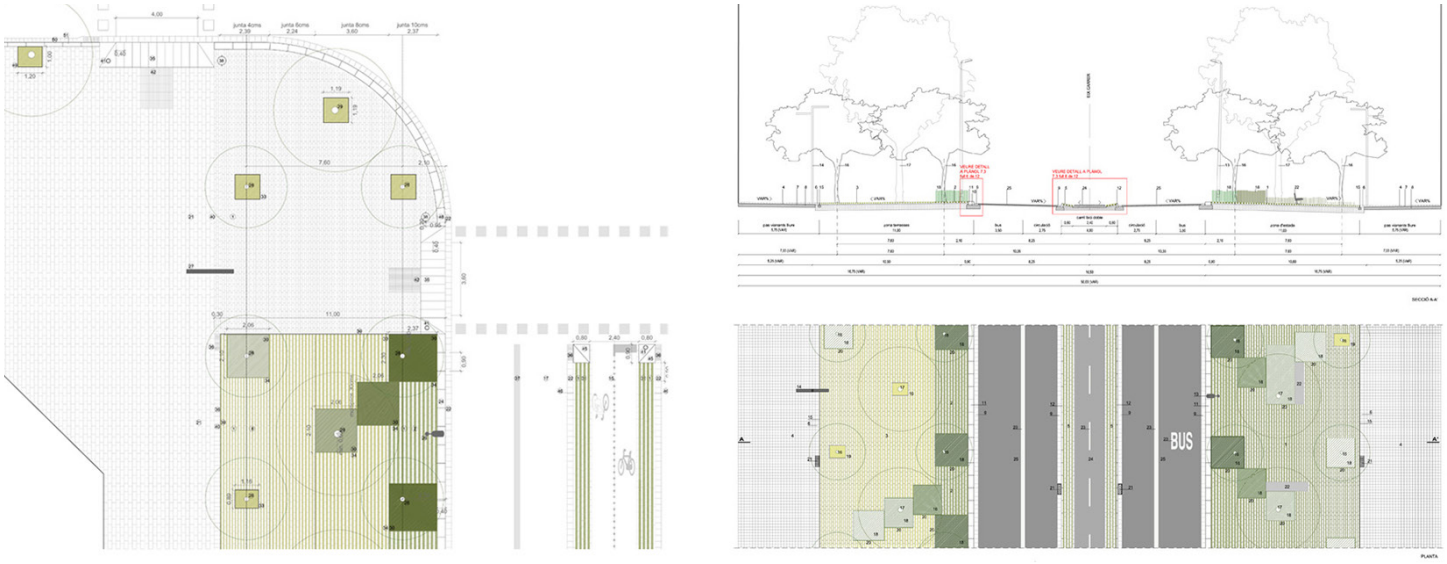


Fig. 6 - Planimetrie e sezione di progetto / *Design plans and section* (Source: Lola Domènech)

tree-free neighbourhoods; temperatures in grass sports fields are 1-2°C lower than in neighbouring areas (EPA, 2008).

More recent studies that use comparative and predictive software show that the microclimatic thermal regulation operated by plants depends also on the urban morphology. The knowledge gained shows that today it is possible to insert "the right tree in the right place". Based on the evidence of scientific results applied to the design (evidence based design) and on the performance approach (performance-based approach) it is possible to orientate the technical choices in order to achieve a planning and design of green spaces supported by a real and quantified thermal benefit (Mourakinyo, 2020).



Fig. 7 - Vista della sezione 1 in corrispondenza dell'Arc de Triomf / *View of section 1 at the Arc de Triomf* (Suorce: Adrià Goula).

References

Ajuntament de Barcelona (2013), "Barcelona green infrastructure and biodiversity plan 2020", available at: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf (accessed 26 June 2018)

Ajuntament de Barcelona (2017), "Tree for Life. Barcelona Tree Master Plan for Barcelona's Trees 2017-2037", available at: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-ENG.pdf (accessed 04 March 2018)

Bassolino, E. (2016), "Strategie di rigenerazione urbana clima adattiva: soluzioni progettuali per la resilienza degli spazi pubblici di Napoli", *Cambiamenti: Responsabilità e strumenti per l'urbanistica al servizio del paese*, in atti della XIX Conferenza Nazionale SIU-Società Italiana degli Urbanisti: , Catania 16-18 giugno, pp. 682-689.

Climate ADAPT (2016). "Barcelona trees tempering the Mediterranean city climate", available at: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/barcelona-trees-tempering-the-mediterranean-city-climate (accessed 24 April 2018).

EPA (2008) "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies", available at: https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium (accessed 12 December 2017).

IPCC (2018), "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty", available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.

Landezine (2012). "Passeig De St Joan Boulevard", available at: http://www.landezine.com/index.php/2012/07/passeig-de-st-joan-boulevard-by-lola-domenech/ (accessed 26 June 2018).

Leone, M. (2018). "Paesaggio e trasformazioni urbane: scelte consapevoli per il terzo millennio", in Longo O (ed), *I waterfront del garda. Esperienze e progetti*, Maggiolini editore, Santarcangelo di Romagna.

Morakinyo, T., Ouyang, W., Lau, K., Ren, C. & Ng, E. (2020). "Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation", *Science of The Total Environment*, vol. 719, pp.1-20

Salomoni, M. T. (2018), "Gli alberi e la città", available at: https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rebus07-alberi-e-citta-maria-teresa-salomoni/@@download/file/REBUS_07%20Salomoni.pdf.

Water Square Benthemplein: spazi urbani multifunzionali a Rotterdam
Water Square Benthemplein: Multifunctional Urban Spaces in Rotterdam

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*
Giulio Hasanaj, *Università degli Studi di Firenze*

Time of realization	2011-2013
Localization	Rotterdam, Netherland
Climate zone (Koppen)	Cf-b
Hazard	Urban flooding, Heavy rainfall
Intervention scale	Neighborhood
Governance level	Public, City of Rotterdam
Type of intervention	Reconfiguration of public space

Nel 2005 il gruppo multidisciplinare olandese De Urbanisten insieme allo Studio Marco Vermeulen presentano alla Biennale di Architettura di Rotterdam, dedicata al tema del rapporto tra città e acqua - in corso quello stesso anno con il titolo "The Flood" - la prima piazza d'acqua concepita come bacino di raccolta e stoccaggio delle acque piovane e spazi ludici con una superficie di raccolta di 950 m². Forte dell'idea progettuale avviata sei anni prima lo studio De Urbanisten, dedito alla ricerca e progettazione in ambito urbanistico, del design e del paesaggio, propone nel 2011 e realizza nel 2013, un'applicazione su media-grande scala di una piazza d'acqua situata all'interno del quartiere Agniesebuurt in prossimità del moderno centro di Rotterdam.

L'intervento della *water square* Benthemplein si inserisce alla scala urbana del quartiere con un bacino di utenza di 4300 abitanti. L'area totale di intervento è pari a 9.500 m², incluse strade e parcheggi, mentre la piazza effettiva conta una superficie di 5.500 m² con una capacità di stoccaggio di 1.700 m³ di acqua (De Urbanisten, 2013; Verone, 2014).

La nuova tipologia di infrastruttura-spazio pubblico adattiva si inserisce all'interno della strategia climatica cittadina *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan*[1]. Questa attua una capillare rigenerazione degli spazi vuoti abbandonati e degradati introducendo misure di adattamento diffuse in tutta la città e, trasformando lo spazio urbano, incrementa la qualità ambientale e la risposta resiliente al *pluvial flooding* e alle *heavy rainfall*.

La *water squar*e Benthemplein nasce da un intenso percorso partecipativo con la comunità locale che ha preso parte all'ideazione del progetto. Questo si è sviluppato in tre workshop durante i quali sono stati discussi usi, funzioni e atmosfere che i fruitori desideravano creare nella piazza. Tutti convenivano sul fatto che la piazza sarebbe dovuta diventare un posto dinamico per i giovani, con ampi spazi per il gioco ed il *relax*, in cui l'acqua avrebbe dovuto svolgere il ruolo di protagonista, diventando un *landmark* sempre visibile. Lo sviluppo di conoscenze

1 Nel 2011 ha stanziato 4 milioni e mezzo di euro per la costruzione di un sistema di stoccaggio dell'acqua piovana a Benthemplein, per il quale oltre alla sua funzione idraulica, l'obiettivo è stato quello di riconfigurare lo spazio urbano.

The multidisciplinary group De Urbanisten together with Studio Marco Vermeulen presents in 2005 at the Architecture Biennale in Rotterdam, dedicated to the theme of the relationship between city and water, the first water square designed as a reservoir for collecting and storing rainwater and recreational spaces with a collecting area of 950 m². The studio De Urbanisten, dedicated to the research and urban design, suggest an application of medium size of a water square located inside the Agniesebuurt district near the modern centre of Rotterdam. The district has 4300 inhabitants. The total area of intervention is 9,500 m², including roads and car parks, while the effective square has an area of 5,500 m² with a storage capacity of 1,700 m³ of water (De Urbanisten, 2013; Verone, 2014).

This new type of adaptive-infrastructure and public space is part of the urban climate strategy of Rotterdam Climate Change Adaptation Plan[1], which implements a widespread regeneration of abandoned and degraded voids, transforming urban space, increasing environmental quality and resilient response to pluvial flooding and heavy rainfall.

The water square Benthemplein has born from an intense participatory pathway with the local community. This was developed in three workshops during which were discussed uses, functions and atmospheres that users wanted to create in the square. Everyone agreed that the square should have become a dynamic place for young people, with large space for play and relaxation. Water had to play a significant role and became a visible landmark. The development of scientific knowledges, involvement of multidisciplinary expertises, sharing of

1 In 2011, EUR 4.5 million was allocated to the construction of a rainwater storage system in Benthemplein, in addition to its hydraulic function, to reconfigure urban space.

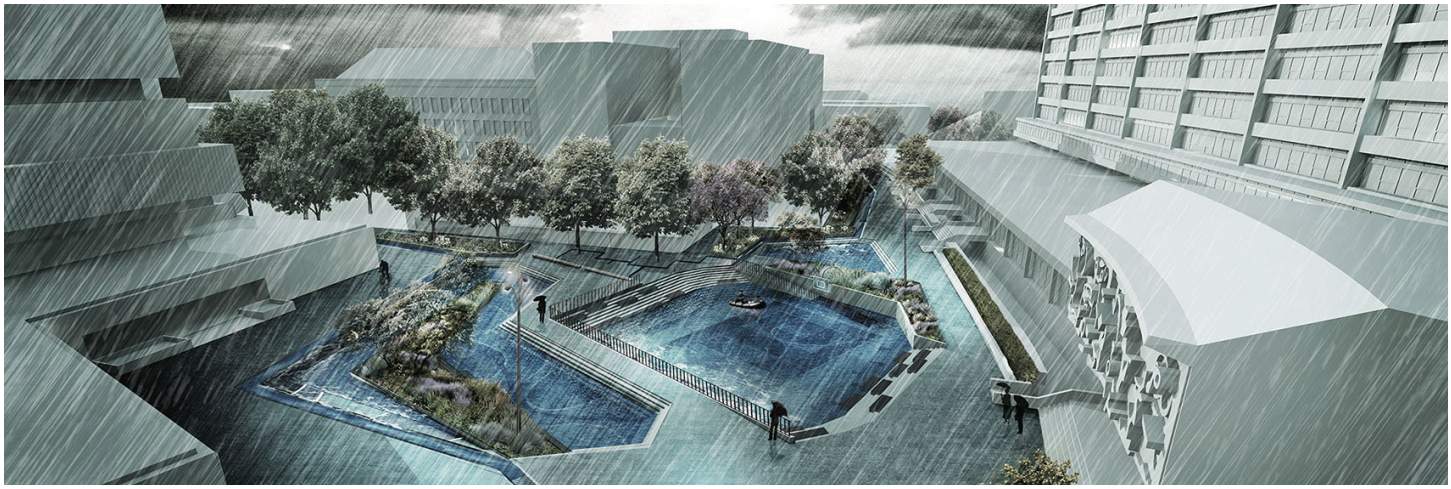


Fig. 1 - Water Square Benthemplein come deposito temporaneo di acqua durante un acquazzone, riproduzione di un artista / *Water Square Benthemplein as a temporary deposit of water during a downpour, impression of an artist* (Source: Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy).

experiences and adoptation of short-term action plans are the principles underlying the Dutch experience.

Goal

The Agniesebuurt district, where project is located, is marked by the flaws of the uneven urban growth of recent decades: a typical polygonal structure and a random grouping of separate blocks leaving an excessively large and unused central space between buildings (Bravo, 2018). Despite the effects of climate change affecting the city of Rotterdam: water management, flooding and heavy rainfall are the cornerstones of the long-term adaptation strategy put in place by the local government to address risks and reduce damage to the anthropic system (City of Rotterdam, 2013).

The growing phenomena of extreme rainfall are among the effects that most affect cities in the coming years, raising concerns of policymakers and citizens and putting a high stress on urban drainage systems (IPCC, 2018). The city of Rotterdam has promoted the construction of underground reservoirs to collect and retain rainwater to counteract the increase intensity of rainfall. However, these underground structures, which are invisible and expensive, conceal their effectiveness towards citizen and are not always able to solve the problems but often collapse causing consequent occurrence of repeated floods.

The municipality of Rotterdam in addition to the creation of underground storage tanks, is integrating new surface catchment areas visible and usable by citizens able to increase capacity of rainwater collection. The proactive response to the effects of climate change is linked to urban transformation processes in the short to medium term contributing to an economic,

scientifiche, il coinvolgimento di professionalità multidisciplinari, la condivisione delle esperienze e l'adozione di piani d'azione a breve termine, sono i principi alla base dell'esperienza olandese.

Obiettivi

Il quartiere Agniesebuurt, dove si inserisce il progetto della *water square*, è segnato dai difetti della crescita urbana irregolare degli ultimi decenni: una tipica struttura poligonale e un raggruppamento casuale di blocchi separati - tra questi un liceo, una chiesa ed un teatro - che lasciano uno spazio centrale eccessivamente grande e inutilizzato (Bravo, 2018). Nonostante gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici di cui la città di Rotterdam è affetta, quali le temperature estreme e la siccità, la gestione dell'acqua ed in particolare dei fenomeni di *pluvial flooding, heavy rainfall e flooding* urbano rappresentano i capisaldi della strategia di adattamento a lungo termine messa in atto dall'amministrazione locale per fronteggiare i rischi e ridurre i danni sul sistema antropico (City of Rotterdam, 2013).

I crescenti fenomeni di *extreme rainfall* sono tra gli effetti che maggiormente colpiscono e colpiranno le città nei prossimi anni, destando le preoccupazioni di decisori politici e cittadini e sottoponendo ad un elevato stress i sistemi di drenaggio urbano (IPCC, 2018). La città di Rotterdam da alcuni anni promuove la costruzione di serbatoi sotterranei per raccogliere e trattenere l'acqua piovana per contrastare gli impatti determinati dall'aumento delle precipitazioni. Queste strutture interrate, invisibili ed economicamente dispendiose, nascondono tuttavia la loro efficacia agli occhi dei contribuenti e non sempre riescono a risolvere i problemi del deflusso urbano pluviale, giungendo spesso al collasso e provocando conseguenti fenomeni di allagamenti ripetuti a cadenza annuale.

La municipalità di Rotterdam ha quindi adottato una strategia di trasformazione urbana degli spazi vuoti che, oltre alla creazione di vasche di stoccaggio interrate, integra nuovi bacini di raccolta superficiali visibili e fruibili dalla cittadinanza, in



Fig. 2 - Planimetria generale della Water Square Benthemplein / *General plan of the Water Square Benthemplein* (Source: De Urbanisten).

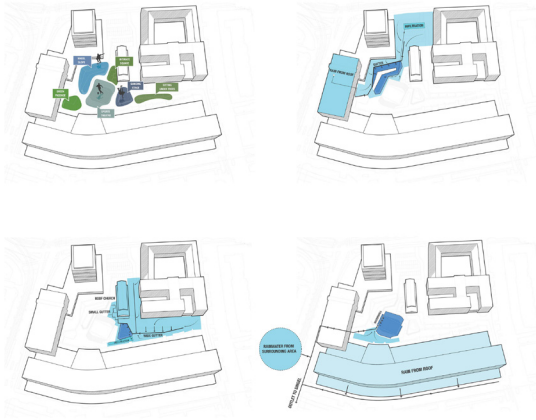


Fig. 3 - Destinazioni d'uso ed area dei bacini / *Functions and basins area* (Source: De Urbanisten).

grado di aumentare la capacità di acqua piovana raccolta. In questo contesto la risposta proattiva agli effetti del cambiamento climatico si lega a processi di trasformazione urbana nel breve-medio periodo contribuendo ad un rilancio economico, sociale ed ambientale dell'area in chiave resiliente.

L'obiettivo primario della *water square*, collocata in un quartiere ad elevato rischio allagamento, è quello di gestire i fenomeni estremi legati all'acqua, tentando di ridurne gli impatti sul sistema urbano della città e sugli abitanti. Le misure di adattamento introdotte, finalizzate al *water management* in condizioni di *climate change*, si attuano come interventi *site specific* del *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan*. Le tecnologie innovative di adattamento urbano si connettono ad azioni di trasformazione urbana e iniziative locali, incrementando la qualità ambientale dello spazio urbano, rafforzando l'identità di quartiere e offrendo spazi gradevoli ai cittadini per il tempo libero e lo sport.

Strategie e azioni di adattamento climatico

La città di Rotterdam, che da sempre riflette sul suo rapporto tra ambiente costruito e acqua, essendo collocata sul delta del Reno e con l'80% della sua superficie al di sotto del livello del mare, nel 2001 ha elaborato il primo piano d'azione contro le alluvioni: il *Waterplan*[2]. Dal 2013 la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici il *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan* è il documento principale che definisce il *framework* di strategie, azioni e interventi *site specific* per l'intera città (Bassolino, 2019).

2 Seguito nel 2005 dal *Mastercase Waterstad 2035* in occasione della *International Architecture Biennale Rotterdam*; nel 2007 è stato varato un secondo piano d'azione il *Waterplan 2* e il *Rotterdam Climate Initiative*, mentre l'anno successivo, nel 2008 il *Rotterdam Climate Proof*; infine nel 2010 è stato costituito l'*Office for Sustainability & Climate Change*.

social and environmental revival of the area in a resilient way.

The main aim of the water square is to manage the extreme phenomena related to water, trying to reduce its impact on the urban system of the city and its inhabitants. The adaptation measures introduced are implemented as site specific interventions of the Rotterdam Climate Change Adaptation Plan. Innovative urban adaptation technologies are linked to urban change actions and local initiatives, increasing the environmental quality of urban space, strengthening the neighbourhood identity and offering pleasant spaces to citizens for leisure and sport.

Climate adaptation strategies and actions

The city of Rotterdam has always think about the relationship between built environment and water. also becaus it is located on the Rhine delta and have 80% of its surface below sea level. In 2001, it drew up the first flood action plan: the Waterplan[2]*. Since 2013, the Rotterdam Climate Change Adaptation Plan has been the main document defining the framework of strategies, actions and site-specific interventions for the entire city (Bassolino, 2019).*

The main instruments of the Rotterdam Climate Change

2 Followed in 2005 by the Mastercase Waterstad 2035 during the International Architecture Biennale Rotterdam. Waterplan 2 and the Rotterdam Climate Initiative were launched in 2007; later in 2008 was established the Rotterdam Climate Proof and finally in 2010 the Office for Sustainability & Climate Change.

Adaptation Plan concern diffuse and soft interventions applied to the small scale in peripheral and established contexts. These include measures to fight waterproofing and use of new soil; promote de-paving; promote green roofs for agriculture, energy production, rainwater deposits and sports. Green roofs in the city of Rotterdam cover an area of 14,5 km² thus helping to realize the largest Rooflandscape in Europe. Other interventions include the creation of green and blue infrastructure systems as climate regulator and ecosystemic balancers, and finally, the creation of floating districts, as in the case of the port area of Stadshavens, about 1600 hectares of land where houses, schools and floating offices will be built.

The Dutch municipality began the construction of water squares and underground storage basins capable of containing huge amounts of water during flooding. Water squares represent a soft landscape infrastructure in place of creating new hard sewer system.

Climate adaptive solutions

The Benthemplein hosts three large basins with different depth and size with areas for rest and play. The square is designed to convey rainwater coming from public spaces and roofs of neighbouring buildings. The water, before being placed in the three basins of the square, is previously directed to a filtering system – an underground water chamber – that can be purified

I principali strumenti attuativi del *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan* per la gestione delle acque ed il rilancio urbano riguardano interventi diffusi di tipo *soft* applicati alla piccola scala in contesti periferici e consolidati. Tra questi si inseriscono gli interventi di contrasto all'impermeabilizzazione e al consumo di nuovo suolo e si favoriscono le operazioni di de-pavimentazione e realizzazione di tetti verdi in cui trovano spazio attività dedicate all'agricoltura, alla produzione di energia, alla raccolta di acqua meteorica e allo sport. Questi ultimi, nella città di Rotterdam, coprono complessivamente una superficie di 14,5 km² contribuendo alla realizzazione del più grande *Rooflandscape* d'Europa. Altri interventi riguardano la creazione di reti e sistemi infrastrutturali *green and blue* come moderatori climatici ed equilibratori eco-sistemici; ed infine, la creazione di quartieri galleggianti, come nel caso dell'area portuale di Stadshavens, circa 1600 ettari di superficie dove saranno costruite case, scuole e uffici flottanti.

Le piazze d'acqua rappresentano un'infrastruttura-paesaggio superficiale di tipo *soft* in sostituzione o addizione a interventi di adeguamento infrastrutturale-ingegneristico al sistema fognario di tipo *hard*, con conseguente riduzione di oneri e tempi realizzativi.

Soluzioni di adattamento climatico

La Benthemplein ospita tre grandi vasche di diversa profondità e grandezza, che si riempiono progressivamente e disegnano lo spazio urbano attraverso una morfologia fluida che definisce gli spazi di sosta, le aree gioco e le aree verdi. La piazza è progettata per convogliare l'acqua piovana proveniente dagli spazi pubblici e dai tetti dei fabbricati limitrofi grazie ad un attento studio delle pendenze, della morfologia del suolo e dei canali di raccolta.



Fig. 4 - Vista notturna del bacino di raccolta maggiore / *Night view of the major basin for water collecting* (Source: Pallesh+Azarfane).



Fig. 5 - Vista dall'alto dei tre bacini di colori differenti / *View from above of the square with three differently colored basins* (Source: Milad Pallesh).

L'acqua, prima di essere immessa nei tre bacini della piazza, viene preventivamente indirizzata ad un impianto di filtraggio interrato - *water chamber* - di modo che possa essere depurata degli inquinanti più dannosi.

Il bacino maggiore occupa il centro della piazza con una superficie di 830 m², ha una profondità di 2,70 m ed è progettato per raccogliere solamente le precipitazioni più intense e prolungate. In caso di rischio allagamento questo si trasforma in un lago artificiale che raccoglie, trattiene e restituisce l'acqua in maniera graduale e controllata. L'acqua raccolta, grazie all'utilizzo di un sistema di pompe idrauliche, viene indirizzata direttamente ai corsi idrici naturali, alleviando il carico sul sistema di smaltimento idrico tradizionale ed evitando il sovraccarico idraulico[3].

In condizioni di piovosità straordinaria uno dei lati corti del bacino maggiore si trasforma in una parete d'acqua che si riversa a cascata nella vasca; viceversa in condizioni ordinarie, per il 90% dell'anno, la vasca viene utilizzata come area gioco per il calcio, il basket o la pallavolo, area per spettacoli teatrali, di danza e proiezioni cinematografiche, con due file di gradonate sui lati lunghi che permettono agli spettatori di godere degli eventi.

I bacini di dimensioni minori posti rispettivamente a nord e a sud del bacino centrale ricevono e raccolgono le precipitazioni di lieve e media intensità filtrandola e immagazzinandola in bacini di stoccaggio interrati. In caso di forti piogge le vasche superficiali vengono allagate e rilasciano l'acqua per dispersione nel terreno, mantenendo in equilibrio il bilancio idrico sotterraneo, contribuendo a pre-

of the most harmful pollutants. The largest basin occupies the centre of the square with an area of 830 m², depth 2,70 m and it is designed to collect rainfall only when it becomes more intense and longer or in real case of flooding risk, thus turning into an artificial lake collecting, retains and returns the water in a gradual and controlled way. The collected water, thanks to the use of a hydraulic pumps system, is directed to the natural water courses, avoiding the hydraulic overload[3].

In conditions of extraordinary rainfall one of the sides of the greater basin turns into a water wall that felt into the pool; instead, in ordinary conditions, for almost 90% of the year, the pool is used as a playground area for football, basketball, theatre, dance, movies and shows, with rows of sitting place on the long sides that allow the viewers to enjoy the events.

Smaller basins in the north and south of the central basin receive and collect light and medium-intensity rainfall by filtering and storing it in underground storage basins. In case of heavy rainfall, the surface basins are flooded and release the water by filtering into the ground, keeping the groundwater in balance, preserving the trees and plants in the area.

3 Per motivi di igiene ed evitare il ristagno, l'acqua viene restituita entro un arco di tempo non superiore alle 36 ore.

3 *For hygienic reasons, the water is returned within a period not exceeding 36 hours.*



Fig. 6 - Il masterplan clima adattivo per il quartiere Zoho, Rotterdam / *The climate - adaptive masterplan for the Zoho district, Rotterdam* (Source: De Urbanisten).



Fig. 7 - Smaltimento delle acque in eccesso dalla piazza verso il canale / *Disposal of excess water from the square towards the canal* (Source: De Urbanisten).

The medium basin measuring 700 m² has depth 1.10 m and it is located in south area of the major basin. In case of cloudburst, it fills up from the "water well": a metal element that rise above the ground and pour water at different pressures into the metal gutters to the basin. The smaller basin is located in North area of the square, measuring 210 m² with a depth of 0.9 m, has a central island used as a stage and is surrounded by sitting place along the perimeter.

The colours emphasizes the function of each element inside the water square: everything that can be flooded is painted in shades of blue, while everything that carries or slides water is made of stainless steel. The large gutters, made of stainless steel, convey the water in the three basins and are used at the same time as ramps for skaters. The gutters of the larger basins consist of standard elements of 1 m width, while those of the smaller basin have a width of 30 cm (De Urbanisten, 2013).

The square has kept the original trees. New green areas are framed by concrete curbs creating new sitting places for leisure. The green areas cover a total area of 725 m², only 13% of the square, confirming the strong engineering component of the intervention. These green areas, receiving the necessary water requirement even in periods of drought, thanks to the water collected in the underground basins of the square, ensure adequate shading and cooling of the air in the warmer periods.

servare gli alberi e la vegetazione presente nell'area e ricaricare la falda acquifera.

Il bacino intermedio misura 700 m² ha una profondità di 1,10 m ed è collocato a sud del bacino maggiore. In caso di nubifragio si riempie tramite il "pozzo d'acqua": un elemento metallico che fuoriesce dal terreno e funge da valvola di troppopieno per la cisterna sotterranea. Questo elemento, a seconda dell'intensità di pioggia, riversa l'acqua con diversi gradi di pressione nei canali metallici che la convogliano alla vasca. Il bacino di dimensioni minori di forma trapezoidale è situato a nord della piazza, misura 210 m², ha una profondità di 0,9 m, presenta un'isola centrale utilizzata come palcoscenico ed è circondato da gradonate lungo il perimetro.

La combinazione di colori sottolinea la funzione di ciascun elemento all'interno della piazza d'acqua: tutto ciò che può essere allagabile è dipinto in tonalità di blu, integrandosi con i colori degli edifici che affacciano sulla piazza, mentre tutto ciò che trasporta o fa scorrere l'acqua è realizzato in metallo. Le ampie grondaie in acciaio inossidabile, incassate nella piazza, convogliano l'acqua nelle tre vasche e fungono allo stesso tempo come rampe per gli *skaters*. I canali metallici che fanno confluire l'acqua nei bacini maggiori sono costituiti da elementi standard di 1 m di larghezza, mentre quelli del bacino minore hanno una larghezza di 30 cm (De Urbanisten, 2013).

Lo spazio è scandito dalla presenza di alberi originariamente presenti nella piazza ed integrato da nuove aree verdi destinate a prato e aiuole fiorite, incorniciate da cordoli in cemento che offrono la possibilità di nuovi spazi per la sosta. Le aree vegetate coprono una superficie complessiva di 725 m², solamente il 13% della piazza, confermando la forte componente ingegneristica dell'intervento rispetto a quella naturalistica. Queste aree verdi permeabili ricevono il necessario fabbisogno idrico anche in periodi di siccità grazie all'acqua raccolta nei bacini interrati della piazza, garantendo un adeguato

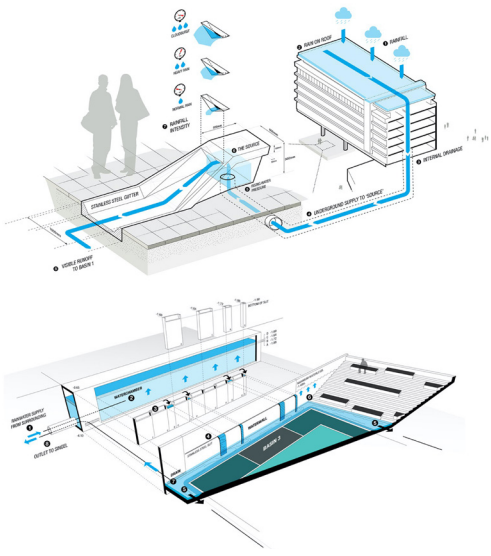


Fig. 8 - Il pozzo d'acqua (in alto) e la parete-cascata (in basso) / *The water well (above) and the waterfall wall (below)* (Source: De Urbanisten).

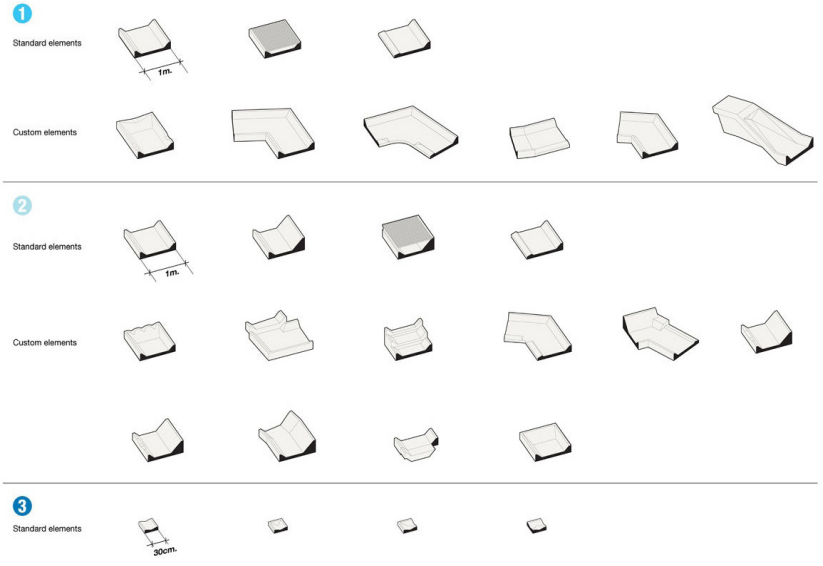


Fig. 9 - Gli elementi costituenti i canali d'acqua realizzati in acciaio inossidabile con diverse dimensioni, profondità e forme / *The elements of the water channels made of stainless steel with different sizes, depths and shapes* (Source: De Urbanisten).

ombreggiamento e raffrescamento dell'aria nei periodi più caldi.

Indicatori e parametri per il progetto

I parametri caratteristici nella progettazione e gestione di un intervento adattivo alla scala di quartiere, come nel caso della *water square* Benthemplein, comprendono: la configurazione spaziale delle vasche superficiali, dei canali di scolo, dei bacini interrati e la loro capacità portante in termini volumetrici. La scelta della corretta posizione di ciascun elemento captante, confluente e di accumulo, influisce sul volume di acqua piovana e sul tempo di raccolta e stoccaggio.

Il fenomeno *pluvial flooding* è associato a eventi piovosi intensi (tipicamente >20-25 mm/h) ma può verificarsi anche con precipitazioni di minore intensità (10 mm/h) laddove sussistano caratteristiche fisiche tali da rendere il suolo impermeabile (Maksimovic e Saul, 2017; Apreda, 2017). Le cause principali risiedono nell'incremento di superfici sigillate e nell'insufficiente portata e scarsa manutenzione delle reti di drenaggio.

Per la Piazza di Rotterdam, il volume d'acqua di progetto riferito a un dato evento piovoso è definito dalla quantità di acqua piovana raccolta in caso di forti piogge. Questa quantità dipende dall'estensione superficiale degli spazi captanti previsti nell'intervento, dalla capacità delle vasche superficiali e dei bacini interrati. Tempo di raccolta e stoccaggio dipendono dalla velocità e dallo sviluppo, in termini di estensione, dei percorsi di deflusso dell'acqua piovana. La velocità è determinata dalla morfologia, dall'altitudine e dalla resistenza superficiale (attrito del materiale). Lo sviluppo dei percorsi di deflusso dipende dalla posizione di ciascun elemento captante rispetto alla corrispettiva area di raccolta, superficiale o interrata. Il tempo di raccolta ed il volume rappresentano due importanti fattori

Indicators and design parameters

The parameters for designing and managing an adaptive intervention on neighbourhood scale concern the spatial configuration of surface basins, gutters, underground water tanks and their carrying capacity in volume terms. The place of each landscape element affect the volume and the time of water storage.

The pluvial flooding phenomenon is associated with intense rainfall events (typically> 20-25 mm / h) but can also occur with less intense rainfall (10 mm / h) (Maksimovic and Saul, 2017; Apreda, 2017). The main causes lie in the increase in sealed surfaces and in the insufficient flow rate and poor maintenance of the drainage networks.

For the Rotterdam's square, the volume of water referred to a given rainy event is defined by the amount of rainwater collected in case of heavy rain. This depends on the extension of the spaces provided for the intervention and on the capacity of the surface tanks and underground basins. The time of collection and storage of rainwater depends on the speed and surface of the outflow routes. Speed is defined by morphology, altitude and surface resistance (material friction). The development of the outflow paths depends on the position of each catchment element in accordance with the corresponding collecting area, surface or underground. The time and volume are two important factors for the sizing and construction of the hydraulic system; these two factors, related to the conditions of the



Fig. 10 - Schema distributivo delle alberature e delle aree verdi nella piazza / *Distribution scheme of trees and green areas in the square* (source: De Urbanisten).

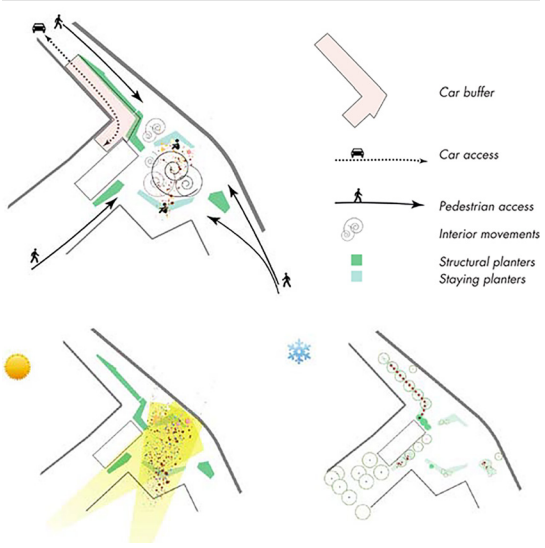


Fig. 11 - Flussi carrabili e pedonali, soleggiamento e tipologie di piante / *Driveways and pedestrian flows, sunshine and types of plants* (source: De Urbanisten).

urban context, guide the choice of different design solutions and technologies, affecting the costs of intervention (Hua, 2016).

As soon as the traditional hard sewer system and new soft urban landscape infrastructure, such as water squares and rain gardens, are organised and working together to effectively manage urban hydrology in ordinary and extraordinary conditions, a new type of urban hydrological infrastructure was born. The innovative technological processes and products involve technicians, companies and local authorities in the definition of new operational tools for the real applicability and efficency. These increase knowledge about the effects of climate change and enhance the resilience of cities.

per il dimensionamento e la costruzione del sistema idraulico; e a seconda delle condizioni di contesto urbano: questi due fattori, guidano la scelta di soluzioni progettuali e tecniche differenti, incidendo sui costi dell'opera. (Hua, 2016).

Dal momento in cui il sistema fognario *hard* tradizionale e le nuove infrastrutture di paesaggio urbano *soft*, come ad esempio le *water square* e i *rain garden*, vengono organizzate e messe a sistema, nasce un nuovo tipo di infrastruttura che, in sinergia con la fognatura tradizionale, lavora per gestire efficacemente i fenomeni idrologici, ordinari e straordinari, che colpiscono le aree urbane. I processi tecnologici, procedurali e produttivi innovativi coinvolgono tecnici, aziende e amministrazioni locali nella definizione di nuovi strumenti operativi per la reale verifica dell'applicabilità e dell'efficacia di nuove tecnologie, procedure e prodotti, che, oltre a colmare il divario di conoscenza sugli effetti dei cambiamenti climatici, elevano il grado di resilienza delle città.

References

Apreda, C. (2017), "Impatti del cambiamento climatico sul sistema urbano. Mappatura della pericolosità da pluvial flooding in ambito napoletano*"*, *Officina*, n.17, pp. 26-31.

Bassolino, E. (2019), "L'impatto dei cambiamenti climatici sulle strategie locali di water management. Imparare da Rotterdam e Copenhagen"*, UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 4(1), pp. 21-40.

Bravo, D. (2018), "Water Square in Benthemplein", available at: https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein (accessed 11 November 2017).

City of Rotterdam (2013), "Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy"*,* available at: http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/UB_RAS_EN_lr.pdf (accessed 20 March 2017).

De Urbanisten (2013), "Water Square Benthemplein", available at: http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein (accessed 18 September 2017).

IPCC (2018), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.

Maksimovic, C. & Saul, A. (2017), *Urban pluvial and coincidenta flooding*, IWA Publishing, London.

Varone, D. (2014) "Water squares: le piazze d'acqua che attirano la pioggia", available at: http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioggia-564/ (accessed 23 July 2018).

Xiaoning, H. & Lang, W. (2016) "Costruzione di un sistema di paesaggio urbano di infrastrutture per la gestione delle acque piovane: Nanjing come caso di studio", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol.11, pp. 151-157.

Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge square
Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge square

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*
Giulio Hasanaj, *Università degli Studi di Firenze*

Time of realization	2013-2014
Localization	Copenhagen, Denmark
Climate zone (Koppen)	Cf-b
Hazard	Urban flooding, Heavy rainfall
Intervention scale	Neighborhood
Governance level	Public, City of Copenhagen
Type of intervention	Reconfiguration of public space

L'intervento di Tåsinge square rappresenta un innovativo esempio di rigenerazione urbana clima-adattiva in atto a Saint Kjeld, l'antico quartiere operaio situato nel distretto urbano di Østerbro a nord di Copenhagen. Il distretto è caratterizzato da elevata densità edilizia e abitativa, dove alla scarsa presenza di superfici permeabili si sommano ripetuti fenomeni di allagamento dovuto a piogge estreme. La realizzazione della piazza risale al 2014 su progetto del gruppo Melmo e GHB Landscape Architects, in collaborazione con gli ingegneri Orbicon, lo studio di design Feld e gli specialisti per la mobilità Via Trafik (Tredje Natur, 2013; GHB Landskabsarkitekter, 2014).

Il progetto si inserisce all'interno della strategia climatica *Cloudburst Management Plan* del 2012, sviluppata per ridurre la vulnerabilità del sistema urbano della città e gestire i frequenti fenomeni di *pluvial flooding* dovuto alle *heavy rainfalls*. La trasformazione urbana prevede la conversione di un'area destinata a parcheggio in un'oasi verde permeabile ed allagabile, in grado di migliorare la gestione dei fenomeni pluviali estremi, il microclima e la qualità degli ambienti di vita urbani.

La Tåsinge square si inserisce all'interno del masterplan per il *klimakvarter* di Saint Kjeld, elaborato dallo studio danese Tredje Natur. Il programma degli interventi comprende un complesso e strutturato sistema di piazze, strade, giardini, parchi, corti interne ed edifici. Questi spazi urbani aperti sono integrati da dispositivi tecnologici e spaziali adattivi in grado di assorbire e limitare eventi alluvionali rendendo Saint Kjeld il primo quartiere clima-resiliente al mondo (Bertelloni, 2017; Klimakvarter, 2013).

La realizzazione dell'intervento è stata attuata mediante un virtuoso e continuo dialogo con gli abitanti del quartiere. L'approccio partecipativo si è basato su più di semplici incontri e alcuni residenti si sono organizzati attivamente costituendo un gruppo di lavoro che ha presentato varie idee. L'iter progettuale è stato sviluppato per step, attraverso una serie di piccoli progetti, dando ogni volta ai cittadini la possibilità di esprimersi riguardo alle potenzialità dello spazio studiato.

Obiettivi

La municipalità di Copenhagen, a seguito di un violento nubifragio abbattuto sulla città nel 2011, costato oltre 800 milioni di euro di danni, ha deciso di dotarsi di

Tåsinge square is an innovative example of climate-adaptive urban regeneration in Saint Kjeld, located in the district of Østerbro in the north side of Copenhagen. The district is characterized by high density of construction and housing, scarcity of permeable surfaces and repeated flooding phenomena due to extreme rainfall. The square was built in 2014 thanks to the project of the Melmo and GHB landscape architects group, in collaboration with Orbicon engineers, The Feld design studio and the mobility specialists Via trafik (Tredje Natur, 2013; GHB Landskabsarkitekter, 2014).

The project is part of the Cloudburst Management Plan, developed to reduce the vulnerability of the city by managing the frequent flooding of heavy rainfall. The urban transformation involves the change of a parking area into a green permeable and floodable oasis, able to improve the management of extreme rains, microclimate and quality of urban living environments.

Tåsinge square is part of the masterplan for the klimakvarter of Saint Kjeld, developed by the Danish studio Tredje natur. The masterplan is connecting squares, streets, gardens, parks, internal courtyards and buildings by adaptive solutions able to absorb and limit flooding and making it the world's first climate-resilient district (Bertelloni, 2017; Klimakvarter, 2013).

The realization of the project has been carried out through a participatory approach. The design process has been developed step by step, through a series of small projects, giving citizens every time the opportunity to express themselves about the potential of the studied spaces.

Goals

The municipality of Copenhagen, after a heavy stormwater in 2011, cost over EUR 800 million damage, has adopted a Climate Adaptation Plan able to increase resilience to frequent



Fig. 1 - Piazza Tåsinge, una delle piazze del quartiere San Kjeld in una vista renderizzata / *Tåsinge square, one of the squares in St. Kjeld district in a rendered view* (Source: Tredje Natur).

and intense rainfall phenomena, as well as protecting it from future climate change (Etherington, 2012; Tredje Natur, 2013; Andreato, 2015).

In 2012, the Tåsinge square pilot project was launched for implementing the Copenhagen Climate Adaptation Plan, which sets the main objective of regenerating urban spaces by transforming them into devices capable of managing large water flows through the use of a surface and natural infrastructure network, different from the existing sewage system.

Preliminary studies carried out on the Saint Kjelds district, where the project is located, shows the excessive amount of asphalted surfaces compared to that needed to manage local traffic. The project implements a remodelling of the soil, transforming the flat and impermeable surfaces into dynamic and natural topographies, so as to increase permeable areas.

In the proposal the existing sewer system is flanked by a green surface with the function of lightening the load of rainfall[1]. The aim is to equip Tåsinge square with an alternative urban water drainage system, using SUDS systems (Sustainable Urban Drainage System) and WSUD (Water Sensitive Urban Design) based on the use of a "green and blue" infrastructure

1 The rainwater intercepted by the buildings will be partly collected and conducted in green infiltration areas, or underground, partly conducted in the existing sewer. The volume of water that comes directly on the road is managed by linear green systems alongside it, bioswales, and rain gardens, which allow the infiltration of water directly into the ground.

un Piano di Adattamento Climatico in grado di offrire una risposta resiliente ai frequenti ed intensi fenomeni di pioggia, proteggendola dalle avverse e mutevoli condizioni climatiche (Etherington, 2012; Tredje Natur, 2013; Andreato, 2015).

Nel 2012 è stato avviato il progetto pilota nella Tåsinge square, come strumento attuativo del *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, che si pone il principale obiettivo di rigenerare gli spazi urbani trasformandoli in dispositivi capaci di gestire ingenti flussi idrici attraverso l'utilizzo di una rete infrastrutturale superficiale e naturale, diversa da quella fognaria esistente.

Dagli studi preliminari condotti sul quartiere di Saint Kjeld, nel quale il progetto si colloca, emerge l'eccessiva quantità di superficie asfaltata rispetto a quella necessaria per gestire il traffico locale. Il progetto attua una rimodellazione del suolo, trasformando le superfici piane ed impermeabili in topografie dinamiche e naturali, così da incrementare le superfici permeabili.

Nella proposta progettuale, per alleggerire il carico idraulico sulla fognatura esistente, viene creato un sistema verde alternativo[1]. L'obiettivo è dotare Tåsinge square di un sistema di drenaggio urbano delle acque, mediante l'utilizzo di sistemi SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*) e WSUD (*Water Sensitive Urban Design*), basato sull'impiego di una rete infrastrutturale "verde e blu" che possa affiancare quella "grigia" ingegneristica esistente.

L'applicazione delle soluzioni permette di ridurre il rischio di collasso del sistema fognario tradizionale, convogliando e raccogliendo l'acqua piovana proveniente dalle strade e dalle coperture degli edifici limitrofi in un sistema di bacini captanti collocati nel sottosuolo e in aree verdi allagabili superficiali. Questo

1 L'acqua piovana intercettata dagli edifici viene in parte convogliata in aree verdi e in parte smaltita nella rete fognaria. I volumi d'acqua che provengono dalla superfice stradale invece vengono raccolti dai sistemi verdi lineari (*bioswales*) e successivamente convogliati in zone umide depresse o giardini della pioggia (*rain gardens*) che ne permettono l'infiltrazione graduale direttamente nel sottosuolo.

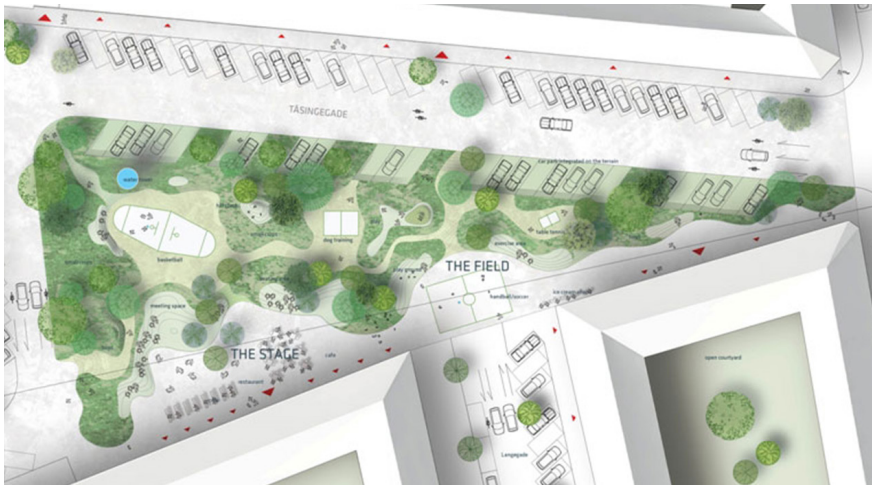


Fig. 2 - Planimetria generale dell'intervento nella Tåsinge square / *General plan of the intervention in Tåsinge square* (Source: Tredje Natur).



Fig. 3 - Sezioni nel quartiere di Saint Kjeld / *Sections within the Saint Kjeld district* (Source: SLA Architect).

sistema verde naturale di gestione delle acque è connesso al reticolo di canali esistenti e lavora attuando una duplice strategia: da un lato raccoglie e disperde nel terreno, dall'altro confluisce e allontana le acque all'esterno del quartiere verso la zona costiera del porto.

Strategie e azioni di adattamento climatico

Il *Climate Adaptation Plan di Copenhagen* approvato nel 2011, seguito dal piano operativo *Cloudburst Management Plan* nel 2012, intende gestire i fenomeni del *pluvial flooding* attraverso la suddivisione della città in distretti e quartieri *waterproof*. Il quartiere di Østerbro rappresenta la zona attuativa in cui numerosi progetti pilota stanno concretizzando le indicazioni e le disposizioni del piano di adattamento. Il piano suddivide la città in sette distretti, per ciascuno dei quali è predisposto uno specifico piano di intervento, in cui sono definite le strategie di gestione delle acque urbane per i rispettivi bacini d'utenza.

Le infrastrutture-paesaggio denominate "*Cloudburst-toolbox*", inserite all'interno dell'omonimo piano attuativo, assolvono al compito di adattamento agli eventi pluviali estremi e permettono di rigenerare la struttura fisica della citta in chiave resiliente. Questi dispositivi adattivi e sistemici comprendono bacini idrici di raccolta superficiale, vasche di raccolta sotterranee, strade con canali inondabili, piste ciclabili e percorsi pedonali integrati con aree verdi, spazi pubblici permeabili, piazze e parchi inondabili. Il *Cloudburst Management Plan* individua 8 tipologie di intervento all'interno della trama urbana tra cui: il parco, la piazza, la strada, la *green street*, il canale urbano, il torrente urbano, il viale ed il viale con zone destinate alla ritenzione idrica (City of Copenhagen, 2012; Bassolino, 2019).

Soluzioni di adattamento climatico

Il volume di acqua meteorica che raggiunge *Tåsinge square* è gestito localmente e autonomamente dalla piazza. L'acqua proveniente dalla superficie stradale viene filtrata e depurata da un canale che costeggia la carreggiata e prende il nome di *road swale*; qui uno strato di terreno, *filter-earth*, permette di filtrare sia il sale

network that can flank that "gray" engineering existing.
The solutions allows to reduce the risk of collapse of the traditional sewage system, conveying and collecting rainwater from roads and roofs in a system of catchment basins located underground and in surface flooding green areas. The natural green water management system is connected to the network of existing pipes and works by implementing a dual strategy: on one hand it collects and spread in the soil, from the other it flows the waters outside the neighbourhood towards the sea.

Climate adaptation strategies and actions

The Copenhagen Climate Adaptation Plan (2011), followed by the Cloudburst Management Plan (2012), aims to manage the flooding phenomena splitting the city into seven waterproof districts and neighbourhoods. For each of that a specific action plan is prepared, in which the urban water management strategies for the respective catchment areas are defined. Østerbro is the district where many pilot projects are implementing the guidelines and scenarios of the adaptation plan.
The "Cloudburst-toolbox", inserted in Cloudburst (2012) , fulfil the task of adapting to extreme rainfall events and allow to regenerate the physical structure of the city in a resilient way. These systemic adaptive devices include surface water catchment basins, underground tanks, roads with flooded canals, cycle and pedestrian paths integrated with green areas, permeable public spaces, flooded squares and parks. The Cloudburst Management Plan identifies 8 typology of intervention within the urban plot including: the park, the square, the street, the green street, the urban channel, the urban torrent, avenue and avenue with water retention areas (Munici-

pality of Copenhagen, 2013; Bassolino, 2019).

Climate adaptive solutions

The volume of rain water reaching Tåsinge square is managed locally from the square. The water from the road surface is filtered and purified by a canal that runs along the road called road swales; here a layer of soil, filter-earth, allows to filter the winter salt for ice on the road surface, but also chemical oils and other pollutants. Tåsinge square is able to manage an area of 7000 m² for rainwater collection, reducing the volume on the traditional urban sewage system. The intervention has seen over 1,000 m² of asphalted surface converted into green permeable areas, passing from 2539 m² to 3428 m², with 40 new trees planting, pedestrian and cycling paths, areas for play and rest and alternating bumps and troughs. The new square combines the technical requirements for the management of heavy rains to the will of the inhabitants to have a place carachterized by the nature (Klimakvarter, 2013).

The use of vegetation is divided in the 4 areas, different for altitude and trees species, and identifying the dry, semi-dry, semi-humid and humid zone (similar to Danish territory). The highest area is mainly treated with shrubs, while the lower zone designed for more frequent flooding phenomena, has plants resistant to different levels of humidity and water. The planimetric

presente sul manto stradale in inverno per il ghiaccio, che gli oli chimici ed altri elementi inquinanti. Tåsinge square riesce a gestire una superficie di 7000 m² per la raccolta di acqua piovana, riducendo il volume a carico del sistema fognario urbano tradizionale. L'intervento ha visto oltre 1.000 m² di superficie asfaltata convertita in aree verdi permeabili, passando da 2539 m² a 3428 m², con l'inserimento di 40 nuovi alberi, percorsi pedonali e ciclabili, aree per il gioco ed il relax e alternarsi di dossi e avvallamenti. La nuova piazza combina i requisiti tecnici per la gestione delle piogge torrenziali alla volontà degli abitanti di avere un luogo dove immergersi nella natura nel cuore del quartiere (Klimakvarter, 2013).

L'uso del verde viene diversificato nelle 4 differenti zone di cui è composta la piazza. Queste aree differiscono per altimetria, perché caratterizzate da diversi livelli di quota del terreno, e specie arboree presenti, individuando la zona secca, semi-secca, semi-umida e umida. L'area sopraelevata è trattata prevalentemente con arbusti, mentre la zona più bassa destinata a più frequenti fenomeni di allagamento, in quanto area inondabile, presenta piante resistenti a livelli variabili di umidità e acqua. La conformazione planimetrica è basata sull'irraggiamento solare: le zone più assolate sono situate a sud-ovest e sono dedicate all'incontro e alla sosta delle persone, sul lato opposto, a sud-est, si sviluppa invece l'area verde, attraversata dal percorso pedonale e caratterizzata dalla maggiore depressione del suolo. La parte più alta, situata a nord-ovest della piazza, arriva a quota 3,50 m ed è rinominata "il pendio del sole" (Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019).

Nelle zone di incontro e di sosta sono collocati due elementi scultorei che simboleggiano il rapporto della piazza con l'acqua: i *rain parasol* e le *water drop*. I *rain parasol* appaiono come grandi ombrelli metallici neri che captano e forni-



Fig. 4 - Masterplan generale clima-adattivo del quartiere Saint Kjeld / *General masterplan for the climate- adaptive district of Saint Kjeld* (Source: Tredje Natur).

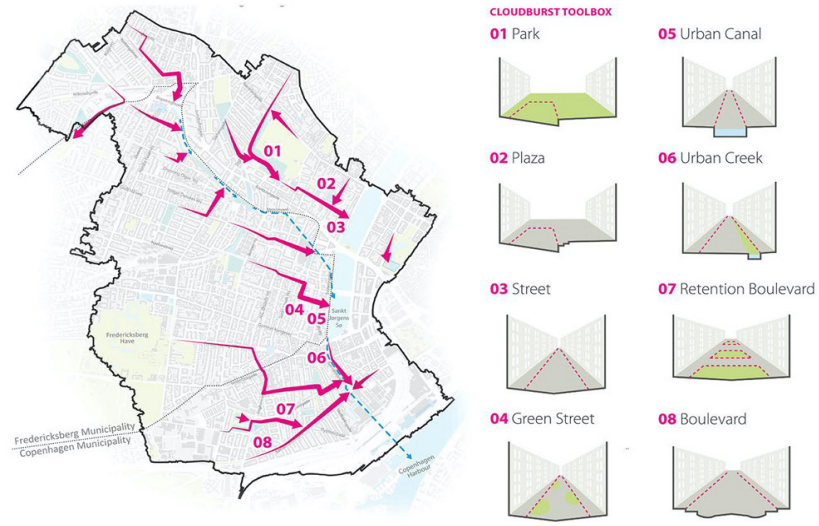


Fig. 5 - Il Copenhagen Cloudbrust Toolkit e le 8 tipologie di intervento nella trama urbana / *The Copenhagen Cloudburst Toolkit and the 8 typology of intervention within the urban plot* (Source: Ramboll Studio Dreiseitl).

scono riparo dalla pioggia. Le *water drop* si presentano come gocce d'acqua a grandezza umana dalla superficie lucida, costituiscono dei veri e propri elementi di arredo urbano che raccolgono l'acqua e attraverso delle pompe la incanalano nella zona del *rain garden*, dove viene lentamente filtrata e assorbita dal suolo.

L'acqua proveniente dalle coperture degli edifici circostanti la piazza viene raccolta, filtrata e incanalata in vasche di raccolta interrate situate in corrispondenza delle *water drop*. Il bacino è dimensionato per gestire eventi di pioggia estrema fino a 300 mm (City of Copenhagen 2013; Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019), secondo i calcoli di Klimakvarter (2013) sarà riempito al 10% della sua capacità una volta all'anno, al 30% una volta ogni 25 anni, al 40% una volta ogni 100 anni. Circa il 30% dell'acqua nel quartiere non viene più immessa nel sistema fognario ma è gestita da questo sistema parallelo. Il rischio di *pluvial flooding* è così fronteggiato attraverso la progettazione di luoghi clima resilienti con misure adattative, *nature based solution* e di ingegneria idraulica, che consentano di stoccare e drenare l'acqua in eccesso a livello del suolo, conferendo alla strada un ruolo determinante nell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Indicatori e parametri per il progetto

La *Tåsinge square* con i suoi ombrelli, gocce, vasche interrate, *bioswale* e *rain garden*, ha superato il test idraulico dell'evento estremo nel settembre 2015, quando una pioggia torrenziale ha riversato in città 42 mm di acqua piovana in soli 30 minuti. I principi chiave dell'intervento si basano sull'utilizzo del deflusso urbano come risorsa da gestire localmente, in condizioni climatiche ordinarie e straordinarie, utilizzando sistemi di deflusso superficiale e consentendo

configuration is based on the solar radiation: the sunniest areas are located in the South-West and are dedicated to meeting. The highest hill of the square, located in the North-west, reach 3.50 m and it is called "the slope of the sun" (Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019).

In the meeting and rest areas there are two elements that symbolize the relationship of the square with water: rain parasols and water drops. Rain parasols looks like big black metal umbrellas that intercept the rain while water drops are human-size drops with a shiny surface that collect water and through pumps convey it into the area of the rain garden.

The water that comes from the roofs of the buildings around the square is collected, filtered and conveyed into underground tanks located under the water drops. The basin is design to handle an extreme rain event up to 300 mm (City of Copenhagen 2013; Klimakvarter, 2013; Johansson, 2019), according to Klimakvarter's calculations (2015) will be filled to 10% of its capacity once a year, to 30% once every 25 years, 40% once every 100 years. About 30% of the water in the district is no longer fed into the sewer system but is managed by this parallel system. The risk of flooding is thus faced through the design of climate resilient places with adaptive measures, nature-based solution and hydraulic engineering, that allow to storage or drainage of excess water at the ground level.

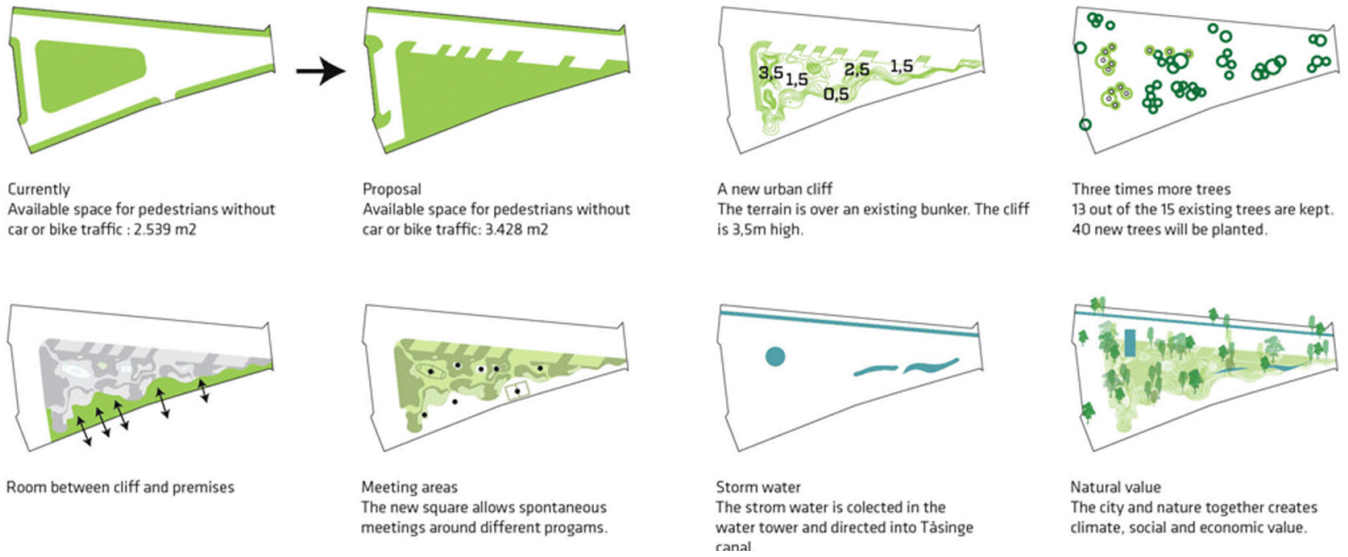


Fig. 6 - Schemi delle soluzioni progettuali adottate all'interno della piazza di Tåsinge / *Schemes of the design solutions adopted inside the Tåsinge square* (Source: Tredje Natur).

Indicators and design parameters

The Tåsinge square with its umbrellas, drops, underground tanks, bioswales and rain garden, passed the test of the extreme event in September 2015, when a heavy rainfall poured 42 mm of rainwater in just 30 minutes. The main action adopted are based on the use of urban runoff as a resource to be managed locally, allowing water to be absorbed from the soil. The project promotes the natural evapotranspirative cycles of plants and vegetation and through the use of natural filter layers, it protects the soil from harmful pollutants.

Tåsinge square demonstrates the importance of the management of the water flow process during the design phase by four basic steps: permeability, containment, transport and collection. The permeability of the green areas in the rain garden reduces the volume of water to be managed, recharges the groundwater levels and feeds the water courses. The containment, effected through the natural depressions, defines a slowing of the superficial flows before their transfer in reservoirs of infiltration, of collection or in the natural water streams. Transport takes place through a series of systems, natural or artificial, which include channels or pipes, surface or underground, open or closed. In Tåsinge square this task is entrusted to pipes that collect rainwater from roofs and bioswales located at ground level. The collection takes place through the direct cap-

all'acqua di essere assorbita dal terreno. Il progetto promuove i naturali cicli di evapotraspirazione delle piante e della vegetazione, rallenta e raccoglie il deflusso idrico superficiale urbano imitando i naturali percorsi idrologici e, attraverso l'utilizzo di strati naturali filtranti, protegge il terreno dagli inquinanti nocivi.

Tåsinge square dimostra l'importanza della gestione del processo di deflusso idrico nella fase progettuale, individuandone quattro fasi fondamentali: permeabilità, contenimento, trasporto e raccolta. La permeabilità delle aree verdi nel *raingarden* riduce il volume di acqua da gestire, ricarica le falde acquifere sotterranee ed alimenta i corsi d'acqua locali. Il contenimento, attuato attraverso le depressioni naturali, definisce un rallentamento dei flussi superficiali prima del loro trasferimento in bacini di infiltrazione, di raccolta o nei corsi idrici naturali. Il trasporto avviene attraverso una serie di sistemi, naturali o artificiali, che includono canali o tubazioni, superficiali o interrati, aperti o chiusi. Nella Tåsinge square questo compito è affidato a tubazioni che raccolgono l'acqua piovana dalle coperture e alle *bioswales* localizzate a livello del suolo. La raccolta avviene direttamente in loco tramite cisterne sotterrane che restituiscono l'acqua gradualmente, grazie a pompe idrauliche, alla zona vegetata permeabile.

I parametri legati al progetto di Tåsinge square sono definiti dal volume di acqua da raccogliere, dalla determinazione della piovosità eccezionale (che manda in crisi il sistema) e delle superfici permeabili ed impermeabili che gravano sul sistema fognario tradizionale e su quello di progetto. In tal modo è possibile determinare il valore di deflusso urbano e i suoi parametri caratteristici, come sostiene Wood (2015), identificabili in: volume di deflusso, velocità massima del deflusso, tempo di pioggia e altezza del battente causato dal *flash flood*.

Il volume di deflusso deve essere calcolato affinché possa gestire in maniera

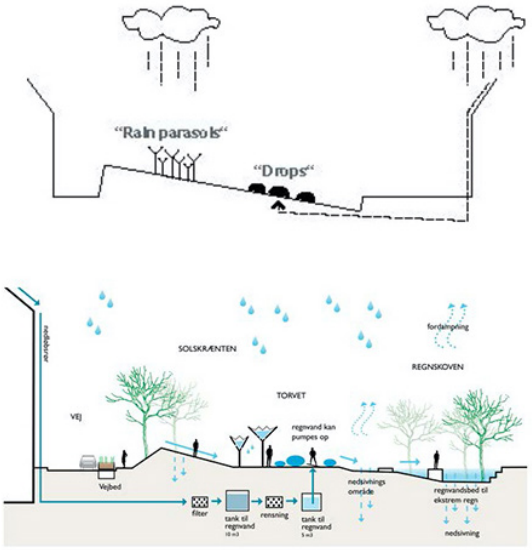


Fig. 7 - Schemi del funzionamento idrico della piazza / *Schemes of the hydraulic system of the square* (Source: Klimakvarter).

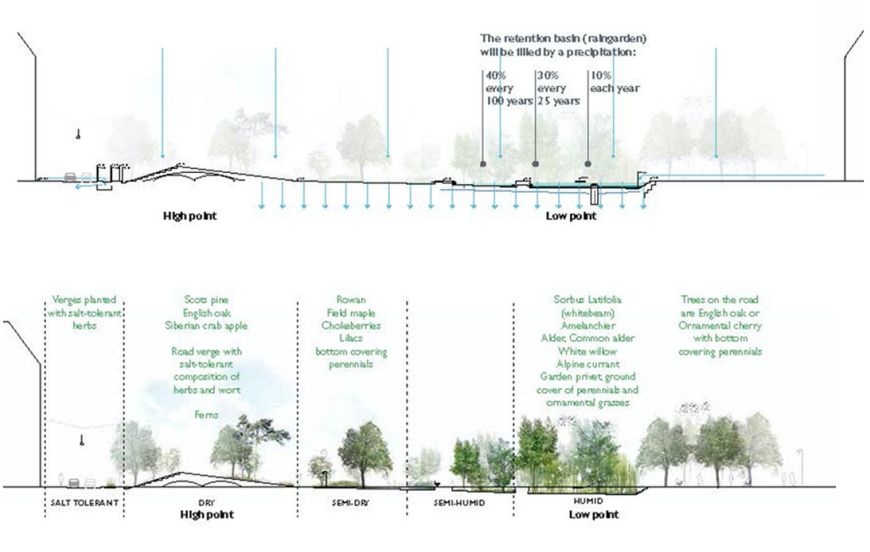


Fig. 8 - Sezioni longitudinali della Tåsinge square. In alto lo studio delle pendenze. In basso lo studio della vegetazione / *Longitudinal sections of Tåsinge square. Above the study of the slopes. Below the study of the vegetation* (Source: Klimakvarter).

controllata eventi estremi con ingenti volumi d'acqua. La velocità massima di deflusso è influenzata dalla morfologia del sito e interessa la vegetazione, le superfici riceventi e la capacità portante del sistema fognario. Risulta quindi fondamentale il progetto topografico degli spazi captanti, la scelta della vegetazione, in relazione a particolari attriti superficiali e alla capacità di acqua piovana da captare. La determinazione dei valori della velocità massima di deflusso è ricavata dalla letteratura scientifica, mentre i valori di precipitazione sono ricavati dalla raccolta dei dati pluviometrici locali e sono utilizzati per determinare i volumi di raccolta e stoccaggio. A diversi tempi di pioggia di durata critica corrispondono diversi sistemi, costituiti da differenti elementi, con diverse capacità di stoccaggio e distribuzione dell'acqua piovana.

L'esempio danese dimostra che per gestire in maniera adattiva e preventiva eventi di *flooding* urbano, occorre affrontare la valutazione del rischio alluvione in maniera integrata alle diverse scale dell'ambito urbano (cittadino, distrettuale e di quartiere), in relazione al campo idrografico e idrologico, associando una strategia di gestione adeguata alla morfologia del territorio e quella del sito di progetto.

L'infrastruttura adattiva della *Tåsinge square* crea una natura urbana estetica funzionale e sostenibile, verde e blu, identitaria e riconoscibile che insieme ad una integrata rigenerazione degli usi degli spazi pubblici della città, rivitalizza il quartiere e la pone nel contesto della *climate adaptive city*, *adaptive architecture* and *design*.

Il progetto di *Tåsinge square* e l'intero masterplan per il *klimakvarter* di Saint Kjeld, dimostrano come sia concretamente possibile creare luoghi esteticamente attraenti e sani, e stabilire efficaci soluzioni tecnologiche, integrando l'acqua negli spazi urbani superficiali della città invece che nel sottosuolo.

ture of water on site, which takes place in underground tanks and return the water gradually thanks to hydraulic pumps to the vegetated area.

The parameters related to the Tåsinge square are defined by the volume of water to be collected, defining the exceptional rainfall (which causes the system to fail) and the permeable and impermeable surfaces affecting the traditional and the design sewage system. In this way it is possible to define the urban outflow value and its parameters, as Wood argues (2015), which can be identified in: volume of outflow, maximum speed of outflow, time of rain and the height of the flash flood.

The volume of outflow must be calculated so that it can control extreme events with large volumes of water. The maximum rate of outflow is influenced by the morphology of the site and affects the vegetation, the receiving surfaces and the carrying capacity of the sewage system. It is therefore fundamental the topographic project of the catchment spaces, the choice of vegetation, in relation to particular surface frictions and the capacity of rainwater to be collected. The outflow maximum speed values are determined by scientific literature, while precipitation values are used to define maximum collection and storage volumes.

The Danish example shows that in order to manage urban flooding events in an adaptive and proactive manner, flood risk assessment needs to be addressed in an integrated way at the



Fig. 9 - Vista dall'alto della Tåsinge square / *Tåsinge square from above* (Source: GHB Landskabsarkitekter / Steven Achiam).



Fig. 10 - Vista in dettaglio: rain parasols e water drop / *Detailed view: the rain parasols and a water drop* (Source: GHB Landskabsarkitekter/ Steven Achiam).

different urban scales (citizen, district and neighborhood), in relation to the hydrographic and hydrological field, associating a management strategy appropriate to the topography of the territory and of the site project.

The adaptive infrastructure of the Tåsinge square creates a functional and sustainable aesthetic urban nature. A green and blue infrastuctures together with an integrated regeneration of the public spaces revitalize the neighbourhood and directs. Towards climate adaptive city, adaptive architecture and design.

Tåsinge square and masterplan for the klimakvarter of Saint Kjeld demonstrate how it is possible to concretely create an attractive and healthy places and establish effective technological solutions, integrating water into the urban surface spaces of the city instead of underground.



Fig. 11 - Sistema di drenaggio affiancato alla strada carrabile: road swale / *Drainage system alongside the driveway: road swale* (Suorce: Mette Fjendbo Petersen).

References

Andreato, R. (2015), "Cambiamenti climatici: a Copenhagen nuovo quartiere per fronteggiarli", available at: https://www.greenstyle.it/cambiamenti-climatici-a-copenhagen-nuovo-quartiere-per-fronteggiarli-134090.html (accessed 24 August 2017).

Bertelloni, L. (2017), "Un quartiere permeabile contro le alluvioni a Copenaghen", available at: https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/quartiere-alluvioni-copenaghen-921 (accessed 21 November 2017).

Bassolino, E. (2019), "L'impatto dei cambiamenti climatici sulle strategie locali di water management. Imparare da Rotterdam e Copenhagen", *UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 4(1), pp. 21-40.

City of Copenhagen (2011), "Copenhagen Climate Adaption Plan", available at: https://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf (accessed on 12 April 2017).

City of Copenhagen (2012), "Cloudburst Management Plan 2012", available at: http://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf (accessed 6 September 2017).

City of Copenhagen (2013), "Tåsinge Plads. A green oasis in the climate resilient neighbourhood. A place where rainwater sets the scene for play and social interaction", available at: https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/docs/tasinge_plads.pdf (accessed 13 June 2018).

Etherington R. (2012), "Saint Kjeld's Kvarter by Tredje Natur", available at: https://www.dezeen.com/2012/08/18/saint-kjelds-climate-adapted-neighborhood-by-tredje-natur/ (accessed 24 March 2017).

GHB Landskabsarkitekter (2014), "Taasinge square. Rainwater management", available at: https://www.ghb-landskab.dk/en/projects/taasinge-square (accessed 02 February 2018).

Johansson, J. (2019) "Water plazas as innovative approaches for managing urban stormwater: a design proposal for Södervärnsplan, Malmö", available at: https://stud.epsilon.slu.se/14277/1/johansson_j_190305.pdf (accessed 13 June 2018).

Klimakvarter (2013), "Tåsinge Plads. Copenhagen's first climate-adapted urban space", available at: https://klimakvarter.dk/en/projekt/tasinge-plads/ (accessed 02 November 2017).

Tredje Natur (2013), "The first climate district", available at: https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-first-climate-district/ (accessed 07 July 2017).

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. & Kellagher, R. (2015), "The SuDS Manual", available at: http://www.scotsnet.org.uk/documents/NRDG/CIRIA-report-C753-the-SuDS-manual-v6.pdf

Replicabilità e direzioni per il progetto ambientale appropriato
Replicability and Directions for Appropriate Environmental Design

Renata Valente, *Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli*
Louise A. Mozingo, *University of California at Berkeley (USA)*

Grazie all'intersezione di saperi, la metodologia del progetto ambientale si basa sul confronto di molteplici esperienze che indicano esemplificazioni e procedure virtuose. Il confronto di riflessioni che segue in forma di dialogo indaga su tale metodo di ricerca, sui rischi e sui vantaggi dell'importazione di modelli e sui criteri più appropriati nell'*environmental design*. Un esempio internazionale di repertorio aiuta a inquadrare il tema, ragionando sulle differenze tra i termini, talvolta confusi: mentre alcuni casi studio conducono a delineare *best practices*, altri concorrono a sostenere paradigmi culturali.

R.V. Casi studio per la ricerca e la pratica

Collezioni, rassegne, raccolte, repertori, si differenziano per i criteri di catalogazione degli oggetti di interesse e gli aspetti evidenziati. Mutuato dalle scienze sociali, il metodo di ricerca dei casi di studio debutta alla Harvard Law School all'inizio del ventesimo secolo per comparare condizioni di contesto e reciproche relazioni. Yin (1993)[1] distingue tre tipi di procedimento (esplorativo, esplicativo e descrittivo) e nel 1995 Stake[2] ne indica altri tre: intrinseco, con interesse specifico; strumentale, utilizzato per approfondire aspetti settoriali; collettivo, in presenza di più casi. Denzin (1984)[3] definisce diversi tipi di triangolazione: di fonti dei dati, verificati in contesti differenti; di ricercatori, dove diversi studiosi esaminano uno stesso fenomeno; di teorie, interpretando gli stessi dati da differenti punti di vista; metodologica, confrontando approcci diversi. Per rispondere ai quesiti di ricerca si scelgono sia strumenti e metodi di raccolta dei dati, sia criteri di categorizzazione e triangolazione per giungere a conclusioni validate. Specifica applicazione è l'*extended case method*, sviluppato ai primi anni 60 dagli antropologi Gluckman e van Velsen per confrontare l'astrazione dell'approccio strutturale con la ricchezza delle scelte individuali quotidiane. Burawoy (1998)[4] sottolinea la riflessività del metodo quale mezzo per riesaminare la relazione tra dati e teoria, enfatizzando l'importanza della variazione dei casi in spazio e tempo, proponendo di generalizzare teorie esistenti da casi selezionati per rilevanza.

1 Yin, R. (1993), *Applications of case study research*, Sage Publishing Newbury Park, CA
2 Stake, R. (1995), *The art of case research*, Sage Publishing, Newbury Park, CA.
3 Denzin, N. (1984), *The research act*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
4 Burawoy, M. (1991) "The Extended Case Method", in Burawoy, M. et al. (ed) *Ethnography Unbound: Power and Resistance in the Modern Metropolis*, University of California Press, Berkeley, pp. 271–287.

Thanks to the intersection of knowledge that instigates the exchange of operational protocols between disciplines, the methodology of the environmental project is based on the comparison of multiple experiences, which indicate examples and worthwhile procedures. The comparison of considerations that follows investigates this method of research and application, the risks and advantages of importing models, and the appropriate criteria in environmental design. An international example of a repertory helps to frame the theme, reasoning on the differences between the terms, sometimes confused: while some case studies lead to outlining best practices, others contribute to supporting cultural paradigms.

R.V. Case studies for research and practice

Collections, reviews, surveys, and catalogues differentiate the criteria for categorizing subjects of interest and their corresponding aspects. Borrowed from the social sciences, the case study research method debuted at Harvard Law School at the beginning of the 20th century to compare situations and mutual relations. While Yin (1993)[1] distinguished three types of procedure (exploratory, explanatory and descriptive), in 1995 Stake[2] indicated three others: intrinsic, with specific interest; instrumental, used to investigate; collective, in the presence of several cases. Denzin (1984)[3] defines different types of triangulation: of data sources, verified in different contexts; of researchers, where different scholars examine the same phenomenon; of theories, where the same data are interpreted from different points of view; methodological, comparing different approaches. To answer the research questions, both tools and methods of data collection are chosen, as well as criteria of categorisation and triangulation to reach conclusions. A specific application is the extended case method, developed in the early 1960s by anthropologists Gluckman and van Velsen to compare the abstraction of the structural approach with the richness of individual everyday choices. Burawoy (1998)[4] emphasizes the reflexivity of the method as a means to re-examine the relationship between

data and theory, emphasizing the importance of the variability of cases in space and time, proposing to generalize existing theories from the cases selected for relevance.

According to Johansson (2003)[5], by combining other research strategies the case study method can be defined as a meta-method: high quality professional practice is based precisely on a repertoire of cases to which the designer compares the contingent case, as Schön stated in 1983. Case studies are a form of explanatory strategy, each one related to time and space. «It is characteristic of case study methodology that the boundaries, and often even the focus of the case, change through the research process […] Case study methodology has developed in the direction of eclecticism and pragmatism»(Johansson, 2003 p. 5). With respect to the selection and validation of research results, the process of generalization through triangulation occurs analytically based on deductive, inductive or abductive reasoning. With the latter there are two possible opportunities: to reconstruct the case from a few facts or to generalize on known cases, applying to a problem by making appropriate comparisons. The very essence of the case study methodology is the combination of different levels of techniques, methods, strategies or theories; however, different standards of validity, applicability, consistency are difficult to codify (ivi).

Recently the method has been defined as a quantitative, qualitative, or mixed comparative research on multi-stakeholder relationships (Burns, 2019)[6], to identify key issues or future trends, to provide tools to better understand research issues.

Recognizing the limitations of purely quantitative approaches that are inadequate for a holistic view of complex problems, case studies in environmental issues allow researchers to reveal the multiplicity of interacting factors. Therefore, a promising outcome regards the development of methods of comparison of adaptive projects that integrate scientific and cultural readings, deepening the possible relationships between these aspects.

L.A.M. Research methods to inform, guide, and determine best practices

In 2001, Mark Francis published "Case Studies in Landscape Architecture" in Landscape Journal[7]. Synthesizing two decades of social and environmental science methods applied to the field of landscape architecture, he defined a case study as: «A case study is a well-documented and systematic examination of the process, decision-making and outcomes of a project, which is undertaken for the purpose of forming future practice, policy, theory, and/or education.» (p.16). His purpose in defining and systematizing the case study method was to provide practitioners with useful, applicable information for current projects and for students and educators to "teach by example". Beyond

Secondo Johansson (2003)[5], combinando altre strategie di ricerca, il metodo dei casi studio può essere definito un meta-metodo; la pratica professionale di qualità si basa proprio su di un repertorio di casi ai quali il progettista confronta il caso contingente, come ricordava Schön nel 1983. I casi studio sono una forma di strategia esplicativa, ognuno relativo al tempo ed allo spazio. «It is characteristic of case study methodology that the boundaries, and often even the focus of the case, change through the research process […] Case study methodology has developed in the direction of eclecticism and pragmatism» (Johansson, 2003 p. 5). Rispetto alla selezione e alla validazione dei risultati di ricerca, il processo di generalizzazione attraverso la triangolazione avviene analiticamente in base a ragionamenti deduttivi, induttivi o abduttivi. Con questi ultimi vi sono due possibili opportunità: ricostruire il caso da pochi fatti o condurre la generalizzazione su casi conosciuti, applicandola su un problema attraverso confronti appropriati. L'essenza stessa della metodologia dei casi studio è la combinazione di differenti livelli di tecniche, metodi, strategie o teorie; tuttavia, i diversi standard di validità, applicabilità, coerenza sono difficili da codificare (*ivi*).

Recentemente il metodo è stato definito come una ricerca comparativa quantitativa, qualitativa o mista sulle relazioni tra più soggetti (Burns, 2019)[6], per individuare temi chiave o tendenze future, fornire strumenti per meglio comprendere questioni di ricerca.

Riconoscendo i limiti di approcci puramente quantitativi inadeguati ad una visione olistica di problemi complessi, nelle tematiche ambientali i casi studio consentono ai ricercatori di rivelare la molteplicità di fattori interagenti. Una proiezione stimolante riguarda allora lo sviluppo di metodi di confronto di progetti adattivi che integrino letture scientifiche e culturali, approfondendo le possibili relazioni tra tali aspetti.

L.A.M. Metodi di ricerca per informare, guidare e definire le best practices

Nel 2001, Mark Francis pubblicò "Case Studies in Landscape Architecture" nel *Landscape Journal*[7]. Sintetizzando due decenni di ricerca sui metodi della scienza ambientale e sociale applicata al progetto del paesaggio, definiva un caso studio come «a well-documented and systematic examination of the process, decision-making and outcomes of a project, which is undertaken for the purpose of forming future practice, policy, theory, and/or education» (p.16).

Il suo scopo nel definire e sistematizzare il metodo dei casi studio era dare ai professionisti informazioni utili ed applicabili per i progetti, consentendo ai docenti di "insegnare attraverso gli esempi". Oltre a tali obiettivi pratici, Francis voleva che i casi studio validassero il rigore scientifico adottato nel progetto «per costruire un corpus critico e di teoria, diffondendo l'efficacia dell'architettura del

5 Johansson, R. (2003), "Case Study Methodology", Intern. Confer. Methodologies in Housing Research organised by the Royal Institute of Technology with the International Association of People–Environment Studies, Stockholm.

6 Burns, W. (2019), "The Case for Case Studies in the Context of Environmental Issues", *Case Studies in the Environment*, pp. 1-5.

7 Francis, M. (2001), "A Case Study Method for Landscape Architecture", *Landscape Journal*, vol. 20.

paesaggio al di fuori della professione» (p.16). Egli osserva che la complessità del progetto del paesaggio, inteso come un'espressione delle scienze sociali ed ambientali, realizzata nell'ambito di un pensiero estetico inevitabilmente influenzato dal contesto culturale, richiede che il lavoro sui casi studio si strutturi su un approccio multi-metodo. In particolare, Francis si basa sull'affermazione di Robert Yin secondo cui il contesto del "mondo reale" del progetto ambientale rende difficili, se non addirittura fuorvianti, gli studi empirici costruiti semplicisticamente. Pertanto, ogni soggetto del caso studio deve essere valutato su un insieme di metodi per costruire la valutazione "olistica". Enumerati da Francis, essi sono: visite e analisi del sito; analisi storica, del processo di progettazione e comportamentale; interviste con progettisti, imprenditori, manager, funzionari pubblici, utenti e non utenti; ricerche di materiale d'archivio, inclusi file di progetto, articoli di giornale, documenti pubblici; ricerche bibliografiche e su internet. A questa lista aggiungiamo una serie considerevole di dati che è ora possibile valutare sulla base delle prestazioni ambientali, come la capacità di ritenzione del ruscellamento, gli effetti sull'isola di calore urbana, la mitigazione di alti picchi di flusso, ecc. Tali valutazioni sono diventate molto più critiche negli ultimi due decenni in quanto i temi del cambiamento climatico e della sostenibilità sono in prima linea nella progettazione ambientale.

Cruciale per l'interesse di Francis nel metodo di studio dei casi è la sistematizzazione dei procedimenti costruita attraverso la ripetizione dei soggetti, il tempo per fornire dati comparativi e la comprensione di come "replicare i successi ed evitare gli insuccessi"; in altre parole, la scoperta delle migliori pratiche. I ricercatori devono anche considerare i limiti dell'approccio dei casi studio; due sono ovvi per chiunque lo abbia tentato per un progetto costruito. In primo luogo, la difficoltà di estrarre informazioni che ne stimino onestamente il valore, l'inevitabile inclinazione di coloro che sono coinvolti nel progetto a vederlo come un successo. In secondo luogo, la particolare importanza, ma anche la difficoltà, della valutazione nel tempo. Abbiamo osservato che i progetti urbani e di spazi pubblici hanno una curva di entusiasmo in cui il successo sociale di un nuovo paesaggio e la manutenzione del sito appaiono eccellenti nei primi anni dopo il completamento, ma in declino, a volte precipitoso, con l'invecchiamento dell'intervento. Ciò è stato molto evidente in due progetti di infrastrutture verdi nella Bay Area che hanno vinto numerosi premi, il Guadalupe River Corridor a San Jose e Mint Plaza a San Francisco.

L'analisi dei metodi di studio dei casi di Francis ha dato vita all'esemplare banca dati "Landscape Performance Briefs" della *Landscape Architecture Foundation*, che raccoglie oltre 150 casi di studio di progetti disponibili online (https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs). Questi costituiscono un insieme di dati comparabili attraverso l'applicazione della "Landscape Performance Guidebook", con oltre 100 indici e 33 parametri destinati ad esaminare in modo esaustivo gli impatti economici, sociali e ambientali.

Infine, la discussione dei casi studio deve considerare il monito di Bent Flyvbjerg[8], geografo economico danese, a distinguere tra ideali e realtà di qualsiasi progetto: «In generale - sostiene - siamo poco attrezzati per affrontare il rapporto

8 Flyvbjerg, B. (1998), *Rationality and Power: Democracy in Practice*, University of Chicago Press.

these practical, problem-solving goals, Francis intended the case studies to foster disciplinary rigor «to build a body of criticism and critical theory, and to disseminate the effectiveness of landscape architecture outside the profession» (p.16).

Francis notes that the complexity of landscape architecture, as an application of social and environmental science within aesthetics considerations that inevitably reflect cultural contexts, requires that case studies engage a multi-method approach. In particular, Francis builds on Robert Yin's contention that the "real world" context of landscape architecture makes simplistic empirical studies difficult, even misleading. Therefore, each case study subject must be evaluated as to which set of methods can build the "holistic" evaluation of a project or set of projects. As Francis enumerates them, they are: site visits; site analysis; historical analysis; design process analysis; behavioural analysis; interviews with designer(s), developer(s), manager(s), and public officials; interviews with users and non-users; archival material searches including project files, newspaper articles, public records; bibliographic searches; and internet searches. We would add to this list a considerable set of empirical data now possible to evaluate based on environmental performance such as runoff retention capacity, effects on the urban heat island, mitigation of high peak flows, etc. These latter evaluations have become much more critical in the last two decades as issues of climate change and sustainability are at the forefront of the design of environments.

Critical to Francis's interest in the case study method is a systematization of methods with repetition that builds across subjects and time to provide comparative data and an understanding of how to "replicate successes and avoid failures," in other words, the discovery of best practices. Researchers must also bear in mind the limitations of the case study approach. Two are obvious to anyone who has attempted a case study of a built project. First, the difficultly of extracting information that honestly evaluates the worth of the project, the inevitable inclination for those involve in the project to see it as a success. Second, the particular importance, yet difficulty, of evaluation over time. We have observed that urban design and public space projects have an enthusiasm curve where the social success of a new landscape and site maintenance appear excellent in the early years after project completion but decline, sometimes precipitously as the project ages. This has been very obvious in two green infrastructure projects in the Bay Area that won numerous awards, the Guadalupe River Corridor in San Jose and Mint Plaza in San Francisco.

Francis's case study method analyses gave rise to the Landscape Architecture Foundation's exemplary database of over 150 project case studies, "Landscape Performance Briefs"

available and searchable online (https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs). These case studies intend to create set of comparable data through the application of the "Landscape Performance Guidebook." The guidebook covers over 100 metrics and 33 parameters intended to comprehensively examine the economic, social, and environmental impacts of the case study projects.

Lastly, the discussion of case studies must consider Bent Flyvbjerg's[8], the Danish economic geographer, caution about distinguishing between the ideals and realities of any project. «Generally speaking," he contends, "we are poorly equipped to deal with the relationship between ideal and reality, partly because the very language we use to understand reality–the written and spoken word–is itself characterized by rationality and coherence, whereas reality is often characterized by power and fragmentation.» (Flyvbjerg 1998, p. 8) Inevitably our knowledge is partial and often skewed by what we wish to see in any project, not what is.

R.V. From example to good practice until paradigm

The case study method is therefore effective in providing good practice examples as well as building prescriptive strategies; otherwise, it can serve as a model or paradigm to facilitate understanding of similar cases. The tools provided by the Landscape Architecture Foundation also offer Italy a best practice, a theory of practice extracted from a case study, which, in this case with recurring scheme, concerns the valuable systematization of a catalogue of projects. Best practice is, in fact, a methodology or technique of proven effectiveness in leading to the desired results; also this concept was born at the beginning of the 20th century (Taylor, 1911)[9] with various fields of application and distinctive elements such as innovativeness, transferability, reproducibility. In environmental design there are valid models of process, analysis, design, management, widely used in the last decade in urban regulations of adaptation plans, eco-neighbourhoods, and green streets. In addition to offering critical readings and comparisons of the cases presented, with the Landscape Performance Series Benefits Toolkit the Landscape Architecture Foundation establishes twentynine shared tools on a global scale for the measurement of ecosystem services, promoting the standardization of methods of scientific comparison on the assessment of environmental performance for projects and realisations.

Another interesting aspect for the Italian reality concerns the contribution to the action of public administrations, in need of deep strategic revisions: the experience of many North American cities shows how the codification of entire operational processes, or distinct phases, allows both the transmission of stan-

tra ideale e realtà, anche perché il linguaggio stesso che usiamo per comprendere la realtà - la parola scritta e parlata - è a sua volta caratterizzato da razionalità e coerenza, mentre la realtà è spesso caratterizzata da potere e frammentazione» (Flyvbjerg 1998, p.8). Inevitabilmente la nostra conoscenza è parziale e spesso deviata da ciò che vogliamo vedere in ogni progetto, non da ciò che è.

R.V. Dall'esempio alla buona pratica fino al paradigma

Il metodo dei casi studio è dunque efficace nel fornire buoni esempi di pratiche, oltre che nel costruire strategie prescrittive; in altri casi può fungere da modello o paradigma per facilitare la comprensione di circostanze simili. Gli strumenti messi a disposizione dalla *Landscape Architecture Foundation* offrono anche all'Italia una *best practice*, teoria di prassi estratta da un caso studio, che in questo caso con schema frattale, riguarda la preziosa sistematizzazione di un patrimonio di repertori. *Best practice* è, infatti, una metodologia o una tecnica di provata efficacia nel condurre ai risultati desiderati; anche questo concetto nasce all'inizio del XX secolo (Taylor, 1911)[9] con vari ambiti di applicazione ed elementi distintivi quali innovatività, trasferibilità, riproducibilità. Nella progettazione ambientale si offrono validi modelli di processo, analisi, progetto, gestione, molto usati durante l'ultima decade nelle normative dei piani di adattamento, ecoquartieri, green street. Oltre ad offrire letture critiche e confronti dei casi presentati, attraverso il *Landscape Performance Series Benefits Toolkit* la *Landscape Architecture Foundation* presenta ventinove strumenti condivisi a scala globale per la misurazione dei servizi ecosistemici, favorendo la standardizzazione dei metodi di confronto scientifico sulla stima delle prestazioni ambientali per progetti e realizzazioni.

Ulteriore aspetto interessante per la realtà italiana riguarda il contributo all'azione delle amministrazioni pubbliche, che necessitano di profonde revisioni strategiche: l'esperienza di molte città nordamericane dimostra come la codifica di interi processi operativi, o di fasi distinte degli stessi, consenta sia la trasmissione di standard e di approcci virtuosi, sia la possibilità di verificare obiettivi e risultati di progettisti ed operatori. Questi, d'altro canto, si giovano di tracciati metodologici in sintonia con le amministrazioni, incentivando iniziative corrette. A tal fine, l'importanza dell'aggiornamento culturale dei *public servant*, amministratori e tecnici che detengono i processi di riqualificazione dei territori, sia nelle azioni di controllo, sia nelle direttive delle strategie operative, definisce le *best practices* quali indispensabili strumenti di lavoro.[10] Allo stesso modo si aiutano i progettisti a guadagnare esperienza specifica e aggiornamento, sottolineando il ruolo del metodo, seguendo iter condivisi e verificando di volta in volta risultati, differenze, confronti con il protocollo di base.

Se alcuni casi studio generano *best practices*, altri invece concorrono per soste-

9 Taylor, F. (1911), *The Principles of Scientific Management,* New York Harper & Brothers Publishers.

10 Esempio per tutti quello dei tecnici formati dall'Università della California di Berkeley, ai quali si deve il cambio di impostazione culturale nell'amministrazioni della città di Portland (OR, US) con le prime applicazioni di *green street / Examples for all are the technicians trained by the University of California at Berkeley, to whom we owe the change of cultural setting in the city administration of Portland (OR, US) with the first green street applications*.

nere culturalmente i concetti di modello, esempio e paradigma. Per quest'ultimo s'intende «uno o più risultati raggiunti dalla scienza del passato, ai quali una particolare comunità scientifica, per un certo periodo di tempo, riconosce la capacità di costruire il fondamento della sua prassi ulteriore… [I] paradigmi raggiungono la loro posizione perché riescono meglio dei loro competitori a risolvere alcuni problemi» (Kuhn 1962, p.22)[11]. Seguendo ed estendendo le considerazioni di Flyvbjerg, la differenza tra caso studio e paradigma rimanda a quella tra realtà e ideale, in cui il secondo è privo della caratteristica di frammentazione. Lo stesso autore nel 2006, discutendo alcuni assunti sull'uso dei casi studio, classifica le strategie per la selezione dei casi in *random* ed *information-oriented*, distinguendo i casi estremi, critici e paradigmatici. Questi ultimi sono definiti a partire dal concetto di *esemplari* di Kuhn, o come chiarificatori di paradigmi culturali non esprimibili con teorie: in tal caso un'attività è giudicata positivamente rispetto alla vicinanza con il prototipo, punto di riferimento della scuola di pensiero. Flyvbjerg cita una conversazione del 1988 tra Heidegger, che riconosce un paradigma «poiché esso brilla» (2006, p.232)[12], e Hubert Dreyfus per cui l'identificazione è intuitiva ed è difficile spiegare la ragione della scelta.

Il paradigma, utilizzato da Platone nell'accezione di "modello" e da Aristotele in quella di "esempio", riferimento per una declinazione di tipo culturale o procedurale, stimola in questa riflessione per il valore che assume, oltre che per la definizione di criteri di importazione e di ripetibilità. La metodologia di progetto ambientale ha bisogno di modello perché fondata sullo studio del contesto, naturale ed artificiale, confrontando dati, obiettivi, strategie, soluzioni e processi operativi. Il modello può essere per ciascuno o solo alcuno di questi aspetti, utile come ispirazione, esempio da mostrare, simbolo culturale che dunque prende vita autonoma e fornisce punti di riferimento. Tale applicazione introduce la riflessione su quando uno schema o un procedimento si dica *appropriato* a una determinata condizione e quali processi occorra seguire per adeguarlo. È dallo studio delle caratteristiche del luogo, già informanti la scelta del modello, che si conduce il processo di che abbiamo già definito di *editorializzazione*.

L.A.M. Questioni oltre la progettazione ambientale appropriata

Negli anni Settanta l'architetto Sym Van der Ryn ha studiato l'intersezione tra l'architettura e il crescente movimento ambientalista. Dopo aver riunito un ampio gruppo interdisciplinare di collaboratori, in particolare con le scienze della vita, ha definito l'idea dell'architettura come parte integrante del Movimento per la Tecnologia Appropriata. Questa si è occupata dell'energia solare ed eolica, del riciclo di rifiuti, acqua e materiali, dell'agricoltura urbana, per rompere la dipendenza da sistemi di infrastrutture dispendiose e inquinanti, ma anche di riconsiderare completamente l'approccio alla vita quotidiana. Van der Ryn ha costruito una serie di piccoli e significativi progetti che hanno fatto progredire le sue teorie, in particolare l'Integral Urban House. Catapultato in seguito in un'arena molto più ampia dalla sua nomina ad Architetto di Stato della California sotto il Governatore Jerry

11 Kuhn, T. S. (1962), *The structure of the scientific revolutions*, trad. it *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1969.

12 Flyvbjerg, B. (2006), "Five Misunderstandings About Case Study Research" *Qualitative Inquiry*, vol. 12, n. 2, April 2006, pp. 219-245.

dards and worthwhile approaches, and the possibility to verify objectives and results of designers and operators. On the other hand, these benefit from methodological approaches tuned with the administrative contexts, encouraging constructive initiatives. To this end, the importance of the ongoing education of public servants, administrators and technicians who manage the processes of the territorial implementation, both controlling actions and directing operational strategies, defines best practices as indispensable tools[10]. In the same way, designers are helped by gaining specific experience and updates, underlining the role of the method, following shared procedures, and verifying each time results, differences, and comparisons with the basic protocol.

If some case studies generate best practices, others contribute to support the concepts of model, example and paradigm. For the latter we mean «one or more results achieved by science of the past, to which a particular scientific community, for a certain period, recognizes the ability to build the foundation of its further practice... [The] paradigms reach their position because they succeed better than their competitors in solving some problems» (Kuhn 1962, p. 22)[11]. Following and extending Flyvbjerg's considerations, the difference between case study and paradigm refers to that between reality and ideal, where the latter is devoid of the characteristic of fragmentation. The same author in 2006, discussing some assumptions about the use of case studies, classifies the strategies for case selection in random and information-oriented, distinguishing extreme, critical and paradigmatic cases. The latter are defined starting from the concept of Kuhn's exemplars, or as clarifiers of cultural paradigms that cannot be expressed with theories: in this case, an activity is judged positively due to its proximity to the prototype, reference point of the school of thought. Flyvbjerg quotes a 1988 conversation between Heidegger, who recognizes a paradigm «because it shines» (2006, p. 232)[12], and Hubert Dreyfus for whom identification is intuitive and the reason for the choice is difficult to explain.

The paradigm, used by Plato in the meaning of "model" and by Aristotle in that of "example", reference for depiction of cultural or procedural type, stimulates in this reflection for the value it assumes, as well as for the definition of important and repeatability criteria. The environmental project methodology needs a model because it is based on the study of the context, comparing data, objectives, strategies, solutions and operational processes. The model can include each or some of these aspects, useful as an inspiration, an example to show, a cultural symbol that therefore comes to life autonomously and provides reference points. This application introduces reflection on when a scheme or a process is considered appropriate to a certain

condition and which processes need to be followed to adapt it. It is from the study of the characteristics of place, already informing the choice of the model, that the process is conducted, which we have already defined as editorialization.

L.A.M. Questions beyond Appropriate Environmental Design

In the 1970s the architect Sym Van der Ryn sought to understand the intersection of architecture and the growing environmental movement. After gathering a broad set of interdisciplinary collaborators, particularly from the life sciences, he settled on the idea of architecture as an integral part of the Appropriate Technology Movement. Appropriate technology engaged solar and wind energy, waste recycling, water recycling, reuse of materials, and urban agriculture in order to break the dependency on wasteful and polluting infrastructure systems but also to entirely reconceive the scale of how everyday life was sustained. Van der Ryn built a number of impressive small projects that advanced his theories, most notably the Integral Urban House, and then was catapulted into a much wider arena through his appointment as the State Architect of California under Governor Jerry Brown in which he sought to transform the State's building codes and to complete a state office building that exemplified his ideas. During his tenure, California changed codes to require buildings to perform more energy efficiently and provided incentives for the implementation of solar space and water heating systems. The State of California also established the Office of Appropriate Technology to facilitate research and adoption of innovative environmentally responsible building innovations. Van der Ryn's idea of appropriate technology proved much harder to scale up than he and others had hoped and his 1970s vision remained incomplete, especially given the rise of conservative politics in the state in the 1980s. (Pursell, 2009)[13].

Nevertheless, since 1990 the idea of appropriate technology expanded beyond Van der Ryn's initial ideas to encompass a larger site and region scale after the popularization of the sustainability idea in the 1989 Brundtland Report. As an example, in the Unites States, a new set of appropriate technologies arose in the early 1990s as a result the renewal of national clean water regulations which forced communities to deal with non-point source pollution and mitigate flooding through environmental restoration, rather than engineered solutions. Now coalesced under the term "green infrastructure" they replace traditional "hard" constructed infrastructure with an array of landscape-based solutions. These green infrastructure systems address contaminated urban runoff, peak flows, habitat loss, and under capacity water treatment systems. They range in scale from narrow bio-swales along streets to expansive sewage treatment wetlands. While these appropriate green technologies stemmed

Brown, ha cercato di trasformare le norme edilizie dello Stato e di completare un edificio per uffici governativi che esemplificasse le sue idee. Durante il suo mandato, la California ha cambiato le norme per richiedere agli edifici di svolgere in modo più efficiente le loro funzioni energetiche e ha fornito incentivi per l'implementazione di impianti solari e di riscaldamento dell'acqua. Lo Stato ha anche istituito l'Office of Appropriate Technology per facilitare la ricerca e l'adozione di innovazioni edilizie responsabili dal punto di vista ambientale. L'idea di Van der Ryn di una tecnologia appropriata si è rivelata molto più difficile da amplificare di quanto lui e altri avessero sperato; la sua visione degli anni Settanta è rimasta incompleta, soprattutto se si considera l'ascesa della politica conservatrice nello stato negli anni Ottanta (Pursell, 2009)[13].

Tuttavia, dal 1990 l'idea di una tecnologia appropriata si è estesa oltre le idee iniziali di Van der Ryn per includere aree più vaste e la scala regionale, dopo la divulgazione dell'idea di sostenibilità nel Rapporto Brundtland del 1989. Ad esempio, negli Stati Uniti, una nuova serie di tecnologie appropriate si è sviluppata come risultato del rinnovamento delle normative nazionali sull'acqua che hanno costretto le comunità ad affrontare l'inquinamento da sorgente non puntuale e a mitigare le inondazioni attraverso il recupero ambientale, piuttosto che con soluzioni ingegneristiche tradizionali. Ora, fuse sotto il termine "infrastrutture verdi", sostituiscono le tradizionali infrastrutture "dure" costruite con una serie di soluzioni basate sul paesaggio. Questi sistemi affrontano il dilavamento urbano contaminato, i picchi di flusso, la perdita di habitat e i sistemi di trattamento delle acque sottodimensionati, variando di scala dalle strette *bio-swale* lungo le strade alle vaste zone umide di trattamento delle acque reflue. Mentre queste tecnologie verdi appropriate derivano da normative governative, in una strategia alternativa il sistema di valutazione basato sull'industria, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED https://www.usgbc.org/leed), incentiva la costruzione e la riabilitazione di strutture che utilizzano tecnologie aggiornate per il riciclaggio e il riutilizzo di energia e acqua, proposte per la prima volta da Van der Ryn negli anni Settanta. La crescita precipitosa delle emissioni di gas serra ha accelerato l'adozione di infrastrutture verdi e del sistema di valutazione LEED.

I molti ricercatori, sostenitori, ingegneri e studiosi affini a Van der Ryn hanno sviluppato una vasta gamma di applicazioni interconnesse su scala urbana. Abbiamo soluzioni pronte, dagli Eco-Blocks alla reinvenzione di infrastrutture su larga scala, come la trasformazione del "sistema di drenaggio dei corsi d'acqua" monouso tipico della maggior parte delle città sviluppate, in un "sistema di ciclo dell'acqua" che convoglia le acque grigie e nere attraverso sistemi di trattamento per il riutilizzo urbano. L'ultimo cinquantennio è stato un periodo di invenzione accelerata di tecnologie appropriate con molti esempi illuminanti.

Come principio progettuale per affrontare le attuali sfide poste dal cambiamento climatico e dall'innalzamento del livello del mare, l'idea di una tecnologia appropriata, che riequilibri le esigenze della società umana con il sano funzionamento degli ecosistemi planetari, appare più che mai applicabile in questo momento. La domanda è: esattamente chi o cosa coordinerà questa complessità di soluzioni tecnologiche appropriate in un paesaggio urbano fisicamente e socialmente di-

13 Pursell, C. (2009), "Sim Van Der Ryn and The Architecture of The Appropriate Technology Movement" , *Australia New Zealand*, 28:2, pp. 17-30.

versificato? Esiste già una vasta estensione dell'urbanizzazione che continua ad espandersi a un ritmo allarmante non utilizzando tecnologie appropriate. Possiamo e dobbiamo sfruttarne l'esistenza per l'applicazione in tutto il pianeta e, allo stesso tempo, affrontare l'inadeguata, sclerotica e iniqua capacità di *governance* di molte città. Possiamo conoscere l'aspetto della terra promessa, ma non conosciamo ancora il percorso sicuro necessario per arrivarci.



Fig. 1 - Venema Natural Drainage System Project (city of Seattle, 2019 NPDES-phase I. Stormwater Management Program). (Photo courtesy: Seattle Public Utilities).

from government-based regulations, in an alternative strategy an industry based rating system, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED https://www.usgbc.org/leed), incentivized the construction and rehabilitation of structures using updated energy, water, recycling, and reuse technologies first proposed by Van der Ryn in the 1970s. The precipitous growth of greenhouse gas emissions fast-tracked the adoption of the green infrastructures and the LEED rating system.

The many like-minded researchers, advocates, engineers, and thinkers since Van der Ryn have developed a vast array of interlocking applications across the urban scale. We have ready solutions, from Eco-Blocks to the reinvention of large scale infrastructure, such as the transformation of the single-use "waterway-drained system" typical of most developed cities, to a "water-cycle system" which loops grey and black water through treatment systems for urban re-use. The last five decades have been a period of accelerated invention of appropriate technology and many illuminating case studies already exist.

As a design principle for confronting current challenges posed by climate change and sea level rise, the idea of appropriate technology, that is technology that rebalances the needs of human society with the healthy functioning of planetary ecosystems, appears more applicable to this moment than ever before. The question is, exactly who or what is going to coordinate this complexity of appropriate technology solutions across the physically and socially diverse urban landscape? A vast expanse of urbanization already exists and continues to sprawl at an alarming rate that does not employ appropriate technology. We can and should exploit the existence of appropriate technology ready for application across the planet and, at the same time, tackle the inadequate, sclerotic, and inequitable governance capacity of many cities. We may know what the promised land looks like, but do not yet know the sure path needed to get there.



Fig. 1 - Stefano Cagol, *The ice monolith, 2013*, (Source: https://www.artribune.com/report/2015/12/mostra-arte-natura-ecologia-galleria-civica-trento/attachment/stefano-cagol-the-ice-monolith-2013-courtesy-lartista/).

FINAL REMARKS

Sul confine. Assetti plurali per il progetto di adattamento climatico
On the Border. Plural Assets for the Climate Adaptation Project

Marina Rigillo, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Il primo volume della ricerca PRIN ha l'obiettivo di definire la collocazione culturale del lavoro e di dichiarare in modo esplicito quali sono gli ambiti del dibattito contemporaneo su cui il progetto ha indagato. La riflessione in seno al gruppo di ricerca parte dunque dalla presa d'atto che la crescente consapevolezza delle sfide del tempo presente ha riportato l'epistemologia della complessità nell'attenzione di studiosi e progettisti, determinando un cambio di passo nei modi e negli obiettivi della ricerca che vede sempre più strette alleanze tra scienze umane, scienze naturali, matematica ed arte. Da un approccio "lineare", di tipo deterministico, imperniato sul principio di causa-effetto, il processo di conoscenza sta virando su strutture cognitive multidimensionali, che lavorano attraverso una rete di nodi e connessioni semantiche tipicamente ascrivibili alla logica dei sistemi (Gibson et al., 1994; Grierson, 2009). Il principio meccanicistico, pilastro indiscutibile della scienza classica, è via via affiancato (quando non decisamente soppiantato) dall'emergere di nuove linee di pensiero più adeguate a rappresentare la complessità dell'esistente, anche accreditando approcci ontologici più aperti ed inclusivi (Gibson et al., 1994; Morton, 2013; Harman, 2018)[1].

In questo scenario, il concetto di "confine" sta guadagnando spazio nella ricerca scientifica, configurandosi quale luogo privilegiato per l'incontro di saperi e per la sperimentazione di pratiche euristiche (queste ultime non ascrivibili a singole tradizioni disciplinari, ma piuttosto risultanti da processi di ibridazione disciplinare che bene esprimono le richieste della società contemporanea). Posizionarsi negli spazi di confine diventa quindi una scelta importante. Vuole dire abdicare al dogmatismo per affrontare in modo pragmatico la mediazione culturale tra diversi statuti disciplinari, facendo leva sul metodo scientifico quale denominatore comune di tutte le pratiche di ricerca[2]. Significa sperimentare un approccio molto

The increasing awareness of the current global challenges has brought the epistemology of complexity back to the attention of scholars and designers, orienting the scientific debate towards a change of pace in applied research since humanities, natural sciences, mathematics and art are making even closer alliances there. Research turns from the "linear" approach, typically deterministic (based on the cause-effect model), towards a multi-dimensional approach that works through networks of nodes and semantic connections typical of the systemic approach (Gibson et al., 1994; Grierson, 2009). The deterministic paradigm, that is the pillar of the classical sciences, is gradually flanked (if not decidedly succeeded) by the emergence of new theories more adequate to represent the complexity of the present, also counting with original, and more inclusive, ontological approaches (Gibson et al., 1994; Morton, 2013; Harman, 2018)[1].

In such scenario, the concept of "border research" is gaining space and interest within the scientific community. It is a kind of a special place where diverse disciplines meet each other, and where the heuristic practices are experimented (the latter not referable to a single scientific tradition but rather resulting from the disciplinary hybridization). We are here focusing on a research typology centred on both the operational and systemic approach. It is based on the collaborative exchange

1 Graham Harman, con la teoria della Object-Oriented-Ontology (O-O-O) estende l'ambito di relazione tra soggetto ed oggetto della conoscenza, poiché «Tutti gli oggetti devono avere la stessa attenzione [in termini ontologici NdA] sia che essi siano riferiti agli esseri umani, ai non umani, ad oggetti naturali o culturali, al campo del reale o dell'immaginario» (Harman, 2018, pp.9 TdA). Sulla stessa lunghezza d'onda è Timothy Morton, che individua nel cambiamento climatico un tipico esempio di "iperoggetto", ossia una ontologia talmente complessa, e indefinibile nelle convenzionali dimensioni spazio-temporali, da risultare conoscibile solo in modo provvisorio e parziale, secondo la diversa disponibilità di sensibilità e competenza di chi esperisce la conoscenza.

2 Sul concetto di confine Silvano Tagliagambe scrive: «Oggi le teorie che emergono all'interno di un sapere scientifico che attraversa una fase di tumultuoso sviluppo e mutamento si trovano sempre più a fare i conti con fenomeni e processi che si verificano all'interno di quelle zone di confine nelle quali le forme e le strutture sorgono e si

1 We refer to the Object-Oriented-Ontology (OOO) proposed by Graham Harman, by which the existence of more equal relationship between subject and object has been theorized: «All objects must be given equal attention, whether they be human, non-human, natural, cultural, real or fictional» (Harman, 2018, pp. 9). Timothy Morton is on the same wavelength. Its "hyper-object theory" identifies new ontological categories so complex that the conventional space-time dimensions are not able to provide a full understanding. Climate change is a typical hyper-object. It is something only provisionally (and partially) understandable, due to the existence of many and different perceptions of it, and the various competences required for trying to explicate it

between different skills, that is considered as the prime engine of the research itself. Such approach may only apparently seem in contrast with the "vertical" ones, typically referable to the specialist research as the STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), since the two systems converge thanks to the mutual exchange of knowledge and tools, and to the common focus on problem solving.

We could then provisionally define it as "horizontal research", and to posit it into the interstitial spaces of knowledge production often underestimated by the official research. The latter in fact does not recognize to border research a proper scientific legitimacy, neither specific apparatus (both theoretical and methodological). Border research expresses the ambition to abdicate to the scientific dogmatism, as it mediates in a pragmatic way between different disciplinary statutes that definitely is the only real tool to face the trials of the present age. Furthermore, the introduction of digital technologies and methodological approaches based on the systemic theory have gradually transformed the border research into a conceptual "bridge" between pure and applied research. This characteristic facilitates the development and the dissemination of more advanced design skills, specially focusing on the R&D processes for monitoring and adapting to the environment.

This is the ground in which the design culture finds even more suitable spaces to claim its innovative role, that is consistent with the social expectations. Indeed, the environmental project is an adequate tool - both in cultural and operational terms - for experimenting with practices of knowledge production and new digital tools both providing the empirical codes featuring such new research contexts. Therefore, the metaphor of "the border" is consistent with the characteristics of the design project, that is both a product and a cognitive tool of the scientific research (Losasso, 2011). Such point of view enhances the design as a scientific discipline, featured by its own application approach and theoretical principles: «a point of tangency between the production of scientific models (through testing and falsification) and the symmetrical activity of design (through model making and matching) » (Waldheim, 2014, pp. 8).

In particular, recent experiences in design for climate adaptation express a prevailing interest for some methodological innovations such as the knowledge organization process; the co-creation procedures, aimed at validating the co-design products; the addressing of the design project towards scientifically proof scenarios, verifiable both in the process adopted and in the use of indicators and data-set; and last, the tendency to consider the environmental project as an evolutionary process, characterized by the "emerging" relationships between built environment, natural context, and social context.

focalizzato sui concetti di rete e di sistema per sviluppare nuovi legami di senso fra oggetti eterogenei, utilizzando la collaborazione tra competenze diverse come motore della ricerca stessa; un metodo che solo apparentemente può sembrare in contrasto con quelli "verticali", tipicamente ascrivibili alla logica specialistica delle STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), poiché in realtà i due sistemi lavorano in modo convergente, secondo una dialettica di mutuo scambio tra discipline e in ragione della risoluzione di problemi complessi.

Il progressivo affermarsi di una dimensione "orizzontale" della ricerca può essere a tutti gli effetti considerato un cambio di paradigma scientifico. E la sfida del cambiamento climatico, unitamente alla rivoluzione digitale, sono i fattori chiave di questo cambio di passo (Kuhn, 1962; Capra, 1986; Gibson et al., 1994; Grierson, 2009)3. Da un lato, infatti, l'emergenza climatica stabilisce i nuovi assetti dello scenario politico internazionale, e le ragioni dei conflitti economici e sociali a scala globale - quello che Bruno Latour definisce il "Nuovo Regime Climatico" (2017); dall'altro, sul versante scientifico, essa scardina le certezze tipiche del riduzionismo newtoniano per definire un *milieu* di ricerca plurale e interconnesso in cui assume centralità il pensiero ecologico, inteso con Bateson la chiave interpretativa delle relazioni tra sistemi differenti e all'interno dei sistemi stessi, un'opportunità per lavorare sulla circolarità piuttosto che la casualità (Bateson, 1979; Code, 2006; Grierson, 2009; Morton, 2013; Carpo, 2017; Latour, 2017). In questa prospettiva, l'aggettivo "ecologico" per la ricerca sull'adattamento climatico non è da intendersi come il rimando ad un ambito di studi specialistici e al suo corredo di metodi e strumenti - l'ecologia[4] -, ma piuttosto serve per «comprendere i comportamenti dei sistemi dinamici e dei relativi fenomeni di adattabilità, resilienza e flessibilità» (Reed & Lister,2014, pp.15 tda). Sono questi, infatti, i presupposti culturali che guidano verso la produzione di apparati di conoscenza adeguati per la riduzione del rischio climatico, che devono essere sempre più adeguate a saldare la dimensione teorica generale con quella specifica del sistema sociotecnico e ambientale in cui si realizza l'intervento.

Altrettanto importante per capire il nuovo contesto in cui operano oggi ricerca e progetto è la diffusione della cultura digitale. L'affermazione di quest'ultima quale struttura archetipica del pensiero scientifico contemporaneo sostiene il modello di

---

dissolvono […] Ciò pone di fronte alla sfida di pensare congiuntamente le forme e gli eventi, tradizionalmente visti come separati e contrapposti, e di ricercare una definizione processuale delle forme» (Tagliagambe, 1997, pp.4).

3 Thomas Kuhn definisce il paradigma scientifico come «una costellazione di risultati - concetti, valori, tecniche, ecc. - condivisi da una comunità scientifica e utilizzati da quella stessa comunità per definire problemi e legittimare soluzioni» (Kuhn, 1962, citato da Grierson, 2009 pp. 198TdA). In anni più recenti, il fisico e teorico dei sistemi Fritjof Capra ne ha portato in evidenza anche la valenza sociale, ampliando la definizione precedente a «una costellazione di concetti, valori, percezioni e pratiche condivise da una comunità che produce una particolare visione della realtà che è poi la base su cui tale comunità organizza sé stessa» (Capra, 1986, citato in Grierson, 2009 pp. 203 TdA).

4 Il Rimando è alla posizione di Felix Guattari: «Bisogna smettere di associare l'ecologia all'immagine di una piccola minoranza amante della natura o di specialisti qualificati. L'ecologia, nel mio modo di vedere, mette in discussione l'intera soggettività» (Guattari, 1989, citato da Reed & Lister, 2014, pp.1 tdA)

ricerca orizzontale[5]. Essa, infatti, fornisce un quadro cognitivo condiviso in cui possono convergere discipline diverse; offre strumenti efficaci per il governo della complessità e fonda i suoi presupposti culturali sugli assunti del pensiero sistemico. Inoltre - e cosa più importante - la cultura digitale lavora sul metodo euristico in quanto approccio tattico basato sulle modalità *trial-and-error* e su procedure di *self-education* (Nardi, 2010; Attaianese & Rigillo, 2020). In termini operativi, l'opportunità di gestire un "dominio" di tecnologie (Brian Arthur, 2009) in grado di restituire elementi di conoscenza analitica dei contesti fisici e dei fenomeni apre scenari un tempo non immaginabili per il progetto, riducendo le probabilità di errore nel processo decisionale e creativo.

Il primo volume della ricerca PRIN porta l'attenzione su questo cambio di approccio, mettendo in evidenza quanto questa condizione influenzi la cultura tecnologica, le prassi consolidate della disciplina, i suoi strumenti di lavoro e la figura stessa del progettista. L'obiettivo è condividere un punto di vista sul futuro del dibattito nella nostra comunità scientifica, di aprire una prospettiva seriamente interdisciplinare sul progetto ambientale, di predisporre apparati conoscitivi adeguati e, attraverso questi, ipotizzare nuove modalità per l'approccio empirico. L'attenzione della ricerca è andata, in particolare, alla produzione di un *milieu* condiviso di termini e concetti attraverso cui costruire il metalinguaggio del progetto per l'adattamento climatico; alla selezione degli strumenti metodologici per la conoscenza e sulla necessità di sviluppare l'approccio analitico alla stessa, specialmente focalizzando sul rapporto informazione/ decisione; e infine, l'analisi di esperienze realizzate che, seppure con notevoli differenze, aprono scenari potenzialmente replicabili per la sperimentazione di pratiche condivise.

In particolare, il libro vuole mettere in luce le "regole di ingaggio" che governano la ricerca per l'adattamento climatico come desunte dallo studio della letteratura internazionale e dai casi scuola esaminati. Si osserva a riguardo un'importante convergenza delle posizioni teoriche verso il processo di produzione della conoscenza inteso quale momento chiave del metodo di approccio alla decisione e al progetto, che presuppone sia una forte dimestichezza con il metodo analitico delle cosiddette scienze dure, e un apporto costante di vis creativa, indispensabile per dare risposta alle sfide della contemporaneità (Naam, 2013).

L'acquisizione di tali regole nello statuto della progettazione ambientale rende la disciplina un ambito scientificamente appropriato per contribuire alla ricerca sul contrasto al cambiamento climatico. Saldamente fondato sulla razionalità delle tecniche e sulla capacità di costruire relazioni di senso tra aree di conoscenza eterogenee, il progetto lavora tanto su metodi analitici che sull'euristica, ed emerge come uno strumento di ricerca efficace per sviluppare scenari attendibili. Il progetto ambientale si rivela pertanto uno strumento adeguato a sperimentare nuove modalità nella composizione dei saperi e per adattare, in una logica tipica delle

5 Sulla relazione tra tecnologie digitali e società contemporanea Mario Carpo scrive: «Un cambiamento tecnologico non avviene nel nulla. Le invenzioni possono essere casuali, ma una nuova tecnologia può attecchire e prosperare solo se molti ne hanno bisogno e la usano [...] ogni tecnologia è una costruzione sociale: l'innovazione si verifica solo quando l'offerta tecnica corrisponde alla domanda culturale e quando una nuova tecnologia e nuove pratiche sociali sono coerenti con il feedback del contesto socio-tecnico» (Carpo, 2017, pp.159 tdA)

The rising of such "horizontal" dimension of research can be considered to all intents and purposes a change of the scientific paradigm. And the challenge of climate change, together with the digital revolution are the key factors in this change of pace (Kuhn, 1962; Capra, 1986; Gibson et al., 1994; Grierson, 2009).[2]

In fact, on the one hand, the climate emergency establishes the new patterns of the political scenario, as well as the reasons for the new economic and social conflicts on a global scale - that is what Bruno Latour defines as the "New Climate Regime" (2018); on the other hand, on the scientific side, climate change undermines the typical approach of the Newtonian reductionism to define a plural and interconnected research milieu, in which the ecological-thinking takes a new centrality (Code, 2006; Grierson, 2009; Morton, 2013; Carpo, 2017; Latour, 2017). The adjective "ecological" is therefore not intended as a reference to the field of specialized studies (the ecology), nor to instances directly related to the nature protection (Guattari, 1989)[3]*, but rather it is addressed to understand the behaviour of «dynamic change and the related phenomena of adaptability, resilience, and flexibility» (Reed & Lister, 2014, pp. 15).*

The spread of the digital culture is equally important to understand the new context in which research and projects operate. The affirmation of the latter as the archetypal structure of contemporary scientific thought supports the horizontal research model.[4] *In fact, it provides a shared cognitive framework*

2 *Thomas Kuhn defines a paradigm shift as «a constellation of achievements – concepts, values, techniques, etc. – shared by a scientific community and used by that community to define legitimate problems and solutions» (Kuhn, 1962, quoted in Grierson, 2009 pp. 198-199). In more recent years, the physicist and system theorist Fritjof Capra highlighted the social value embedded in the concept of scientific paradigm as «a constellation of concepts, values, perceptions, and practices shared by a community, which forms a particular vision of reality that is the basis of the way the community organises itself» (Capra, 1986, quoted in Grierson, 2009 pp. 203).*

3 *We quote here Felix Guattari: «Ecology must stop being associated with the image of a small nature-loving minority or with qualified specialists. Ecology in my sense questions the whole of subjectivity (Guattari, 1989, quoted in Reed & Lister, 2014, pp.1)*

4 *Mario Carpo wrote: «Technical change does not happen in a vacuum. Inventions may be random accidents, but a new technology can only take root and thrive if many need it and use it. In this sense, as the anthropologist André Leroi-Gourhan argued a long time ago, every technology is a*

in which different disciplines can converge: it offers effective tools for managing complexity, and it founds its cultural assumptions on the principles of systemic thinking. Further, and more important, digital culture works on the heuristic method as a tactical approach to knowledge, due to it is based on trial-and-error methods and self-education procedures both considered as key skills to increase the probability of success in problem-solving operations (Nardi, 2010; Attaianese & Rigillo, 2020).

Among the implications of this new understanding of the environmental project there is the change of the designer role, that is increasingly understood as the figure of the generalist scientist described by Ervin Lazlo in 1985. This is a figure educated on a crossing disciplinary background, founded on some key disciplines, and on specific cognitive skills aimed at developing the ability to interact with specialist scientists by virtue of a great familiarity with the scientific method and a specifically educated mindset. The skills of such generalist are mainly recognized in the capacity of handling patterns for knowledge transfer, as well as the ability to manage analytical models and reliable scenarios (Bode et al. 1949).[5] This is a research professional capable of working in the border research area, and of orienting himself in the world of the meta-sciences. The generalist scientist is able at both interpreting and giving value to the results produced in different disciplinary contexts, and arranging the sectoral advancements by which achieve the complex objectives of contemporary trials (Lazlo, 1985). The figure of the generalist scientist also takes up the metaphor of the "Great Pirates" used by Buckminster Fuller in 1969 to claim the ancient alliance between art and science personified by f manage he figure of Leonardo da Vinci, indicated by Fuller as a "design scientist", that is able to bring innovation and beauty to the world.[6]

meta-scienze, i codici cognitivi ed empirici richiesti dalla interazione tra discipline. La metafora del confine risulta inoltre appropriata a descrivere l'ambito di ricerca del progetto inteso come "atto di conoscenza" (Losasso, 2011), per il quale si predispone un approccio applicativo *ad hoc*, propri principi teorici e metodi specifici, questi ultimi in nessun modo riconducibili alla mera riconfigurazione di pratiche preesistenti[6].

In questo scenario culturale si colloca la ricerca PRIN, e il primo volume rappresenta un contributo di sintesi, finalizzato a radicare nella cultura del progetto le istanze di innovazione proprie della dimensione orizzontale e di confine sopra descritta. Si è scelto pertanto di mettere in sequenza i tre momenti chiave della riflessione teorica dell'esperienza PRIN per evidenziare il costrutto logico che caratterizza la metodologia sviluppata dalla ricerca: l'indicazione di un modello di metalinguaggio per il progetto di adattamento climatico; il focus sull'approccio analitico alle condizioni ambientali del contesto (che l'uso di indicatori *ad hoc* rende possibile in una dimensione *site-specific)*; il riferimento ad una selezione di casi scuola, attraverso cui verificare il campo di applicazione dell'innovazione individuata, guardando agli interventi realizzati come un importante banco di prova per verificare il livello di trasferibilità dell'innovazione stessa.

Nell'immaginare l'intelaiatura del primo volume, il pensiero è andato all'insegnamento di Guido Nardi, che nella voce Treccani, dedicata alle Tecnologie dell'Architettura, anticipava l'evoluzione sociale e cognitiva del progetto: «Le discipline tecnologiche, riportate nella centralità del progetto, arricchite dal passaggio attraverso la specializzazione e la scientificizzazione dei loro contenuti, possono costituire per l'esperienza contemporanea il mezzo più adeguato per ridare senso all'attività progettuale» (Nardi, 2000). Coerentemente con tale visione, l'obiettivo del libro è quindi quello di restituire centralità all'azione progettuale attraverso la definizione di una mappa concettuale per la ricerca sull'adattamento finalizzata a legittimare gli sviluppi metodologici e ai progetti pilota pubblicati nel secondo volume.

Già il glossario tematico, attraverso una sequenza di parole chiave, articola la produzione del metalinguaggio per l'adattamento climatico: da lemmi tipicamente ascrivibili alla caratterizzazione dei fenomeni naturali, si procede verso quelli finalizzati all'interpretazione degli stessi, alle strategie di riduzione del rischio, fino alle unità spaziali di riferimento ed alla tematizzazione degli approcci progettuali. Analogamente, la seconda parte del volume, declina in termini operativi lo stesso concetto di metalinguaggio per ricondurlo a quella tipologia di strumenti concettuali – gli indicatori ambientali – che a partire dall'opera pioneristica di Ian McHarg hanno via via occupato spazi sempre più importanti nell'approccio interdisciplinare al progetto. In particolare, nella selezione degli indicatori, il volume

---

social construction: innovation only occurs when technical supply matches cultural demand, and when a new technology and new social practices are congruent with the same techno-social feedback loop» (Carpo, 2017, pp.159)

5 *In the article titled "The Education of a Scientific Generalist", in 1949, Bode highlighted the need of educating new professional figure of scientist able at coping the increasing complexity of the technical and social challenges after the II World War: «And yet these complexities must be met and resolved. At all levels, decisions must be made which involve consideration of more than a single field […] We need a simpler, more unified approach to scientific problems, we need men who can practice science - not a particular science - in a word, we need scientific generalists» (Bode et al., 1949, pp.553)*

6 *Fuller wrote: «This Leonardo-type planning inaugurated*

6 Sul versante più propriamente disciplinare, Losasso precisa che il «progetto attiene all'ambito della predittività, della prefigurazione e dell'anticipazione, caratterizzandosi come un processo di natura complessa e multidisciplinare. Un progetto è finalizzato alla risoluzione di un dato problema per realizzare, in genere, artefatti per il progresso umano, sociale ed economico e, nel suo attuarsi, si esplicita come 'atto di conoscenza' di tipo analitico o sintetico a seconda delle fasi e dei problemi da affrontare» (Losasso, 2011, pp.81).

ha dato speciale evidenza al rapporto uomo-clima e al carattere dinamico di questa relazione, portando l'attenzione sul valore degli indicatori ambientali nei processi di *sensing*, *monitoring e feedbacking* delle aree di intervento. L'uso degli indicatori ambientali è stato infatti inteso come emblematico delle opportunità connesse ad un approccio digitale e responsivo al progetto ambientale, considerato una "pietra d'angolo" dell'innovazione in atto, vero terreno di incontro tra specialismi e tradizioni disciplinari differenti, nonché principio di razionalità per oggettivare decisioni tipicamente ascrivibili ad una progettazione plurale e tecnologicamente avanzata.

La rispondenza del progetto ad un iter metodologico definito non deve però essere intesa come un'armatura rigida, implicito rimando ad una sorta di automatismo della conoscenza che esclude l'apporto creativo e la sensibilità dello sguardo. Viceversa, la ricerca PRIN vuole piuttosto rivendicare un contributo di innovazione processuale nel processo progettuale che lo accrediti come modello predittivo scientificamente affidabile, riconoscibile dalla società. Un'idea questa che richiama il concetto di architettura "protocologica" (Burke, 2012)[7] nella misura in cui il rapporto informazione/decisione riferisce ad una sequenza di passaggi preventivamente definiti e tipicamente riconducibili a logiche di tipo responsivo, attenta al contesto nella sua specificità e alla collocazione dello stesso nella visione meta-progettuale che ne motiva l'avvio.

In questa accezione, dunque, la selezione di casi scuola per l'adattamento climatico ha rappresentato anche l'occasione per portare l'attenzione ad una processualità fortemente innovativa nelle modalità (e nelle tecniche) di organizzazione e produzione della conoscenza; per la sperimentazione di regole di co-creazione attraverso cui gestisce gli apporti individuali e collettivi; per la finalizzazione del progetto verso scenari scientificamente attendibili, verificabili tanto nel processo adottato, quanto nell'utilizzo di dati; e, inoltre, per la disposizione a considerare il progetto come processo evolutivo, caratterizzato da relazioni "emergenti" tra ambiente costruito, contesto naturale, contesto sociale: «un punto di tangenza tra la produzione di modelli scientifici (attraverso il test e la falsificazione) e l'attività simmetrica del design (attraverso il model making e il matching)» (Waldheim, 2014, pp. 8 tdA).

Un'ultima notazione riguarda infine i destinatari della ricerca, le figure in formazione o da formare alla luce dello scenario culturale fin qui delineato. Si vuole infatti ribadire che tra le implicazioni di questo nuovo modo di intendere il progetto è la mutata percezione del ruolo del progettista, che sempre più viene assimilata a quella dello scienziato generalista descritta da Ervin Lazlo già nel 1985. Una figura formata su un background trasversale, articolato su alcune discipline chiave e su precisi indirizzi culturali atti a sviluppare capacità di interazione con gli scienziati specialisti in virtù di una grande dimestichezza con le regole del metodo scientifico e di una *forma mentis* specificamente indirizzata alla definizione di processi per la descrizione e la produzione della conoscenza, nonché alla capacità

The PRIN research is targeted on this new figure: not only an expert in the design disciplines, but a design scientist able to move around the ground of the analytical processes, and capable to trace the boundaries of the design research field according to non-deterministic models. This is a researcher interested in taking part in the challenge of the climate change, aware of the limited but pivotal connotation of the action itself; this research progfessional is able to clearly define the objectives of the project, the qualities that distinguish it, its relations with the socio-technical and environmental system, and the criteria by which the study is approached. The main methodological skills in such new field of research are the accuracy of the scientific position adopted (as well as the logical assumptions that goes with it), together with the capacity of objectify the process applied. These are in fact the key factors to bring the environmental project among the practices of the horizontal research, and to make it a cognitive tool (as well as operational) for accessing the topic of the climate change.

The purpose of this book is therefore to take stock of the change in the scientific approach that the issue of climate risk has brought about, and how much this condition has been influencing the design culture, its practices and the role of the designer himself. The cultural goal of this book is therefore to share a point of view on this change of pace, and to open a perspective on the future that awaits us, making scholars aware of the need of more skilled design apparatuses and of the new methods for the environmental design.

We focus here on a few of the PRIN research outcomes: the production of a shared domain of terms and concepts, aimed at creating a sort of meta-language for the climate adaptation project; the focus on the multi-disciplinary tools for the site-specific acquaintance and the necessary analytical approach to it (focusing the attention on the information / decision relationship); the review of some design experiences that, albeit with the existing differences, open up immediate scenarios for applying heuristic practices of ecological thinking and co-design.

More in deep, this book aims at highlighting the "Rules of Engagement" that govern the research for climate adaptation. In fact, the latter requires a very focused approach on the pro-

7 Nel descrivere il concetto di "architettura protocologica", Burke scrive: «I protocolli sono costrutti formali che garantiscono l'efficienza logica delle reti, inoltre essi identificano un sistema di punti di controllo, di nodi super-connessi attraverso cui fare potenzialmente leva nell'ambito del progetto, dove l'informazione è scambiata e regolamentata» (Burke, 2012, pp. 71 tdA).

today›s large-scale, world-around industrialization›s vast scale of thinking. When the Great Pirates came to building steel steamships and blast furnaces and railroad tracks to handle the logistics, the Leonardos appeared momentarily again in such men as Telford who built the railroads, tunnels, and bridges of England, as well as the first great steamship» (Fuller, 1969, pp. 9).

cess of knowledge production, which presupposes a great familiarity with the analytical processes (typical of the so-called hard sciences), and a contribution of creative innovation (as a kind of Darwinian evolution of the design culture), that is essential to face the complexity of the present times (Naam, 2013).

PRIN research assigns to this volume the task of setting some "cornerstones" in design for climate adaptation: the renewed interest in the epistemology of complexity, in the light of the new access keys provided by the digital culture; the "network" organisation of the project, including the different characterizations between the scales of the project (no longer attributable to a mechanical passage, but rather thematic and recursive); the attitude to support the project with analytical data, including the ability of combining different data typologies (large and open source data-set as well as the on-field data); the plural and collaborative dimension of the climate adaptation project, for which the project authorship has been modified and, in some way, removed, given the procedural nature of the project itself (Carpo, 2012).

However, the application of an analytical design approach must not be understood as a rigid framework, neither as an implicit reference to a sort of deterministic development that excludes the creative contribution and the designer sensitivity. Vice versa, the PRIN research rather wants to claim the contribution of innovation in the design process that accredits it as a scientifically reliable and predictive model, that is recognizable as a qualified product of a complex and plural process by its social recipients. This is an idea that recalls the definition of "protocological" architecture (Burke, 2007) to the extent that it is strongly based on the information / decision relationship, referring to a sequence of methodological steps. Such steps have clearly defined and are typically ascribable to both the evidence-based approach and to the responsive logics, resulting attentive to the context in its specificity and able to place the project in the meta-planning vision.

In this perspective, the first volume of the PRIN research wants to be a contribution to delimit the cultural perimeter of the environmental project and the potential of his role to face present challenges. This is a role that hinges on the traditional design process management to address the design process toward new tasks for the values negotiation, the organization of increasingly integrated systems and the management of an incredible availability of information generated by the digital culture (Burke, 2007). Designers have therefore a more active and inclusive role, necessary to imagine a climate resilient world, where the project can express the creative vision that is necessary to direct the skills acquired and the new possibilities of technological culture towards sustainability and social equity objectives. It is an essential role!

di gestire modelli analitici e scenari attendibili[8]. Un professionista della ricerca in grado di lavorare negli ambiti di confine, di orientarsi nel mondo delle meta-scienze, di interpretare e dare valore ai risultati prodotti in contesti disciplinari differenti, e di sistemare secondo nuove configurazioni teoriche gli avanzamenti di tipo settoriale necessari a raggiungere gli obiettivi complessi della società contemporanea (Lazlo, 1985).

È a questo nuovo architetto che si rivolge la ricerca PRIN. Non solo un esperto delle discipline del progetto, ma un ricercatore in grado di muoversi sul terreno dei processi analitici, capace di tracciare i confini del campo di interesse secondo modelli non deterministici. Un ricercatore interessato ad agire nella sfida del cambiamento climatico consapevole del significato parziale, ma decisivo del progetto e della sua capacità ideativa; in grado di definire con chiarezza gli obiettivi dell'intervento, le qualità che lo contraddistinguono, le sue relazioni con il sistema socio-tecnico ed ambientale, ed i criteri con i quali ci si avvicina alla descrizione del contesto. Uno studioso determinato ad affrontare il progetto anche nelle sue ineludibili istanze etiche e del suo riscontro sociale (Settis, 2017).

L'interlocutore di questo libro è un progettista in grado di mettere a frutto la capacità di gestione dei processi tipica della tradizione disciplinare per affrontare con strumenti innovativi le sfide legate alla costruzione di reti di dialogo, la negoziazione dei valori da attribuire al progetto, all'organizzazione di sistemi per la decisione sempre più sofisticati e alla incredibile disponibilità di informazione generata dalla cultura digitale (Burke, 2012). Un progettista, un ricercatore e uno studioso con un ruolo sempre più attivo nel dibattito contemporaneo. Una figura importante per immaginare un mondo resiliente al cambiamento climatico e alle sfide della contemporaneità, dove il progetto possa esprimere la forza creativa necessaria per indirizzare competenze e potenza tecnologica verso obiettivi di sostenibilità ed equità sociale. Una figura essenziale!

8 La figura dello scienziato generalista è stata delineata, per la prima volta nell'articolo dal titolo "The Education of a Scientific Generalist" del 1949, in cui si portava all'attenzione della comunità accademica la necessità di nuove figure professionali in grado di gestire la crescente difficoltà delle sfide tecniche e sociali a valle della Seconda Guerra Mondiale: «Eppure queste complessità devono essere soddisfatte e risolte. A tutti i livelli, devono essere prese decisioni che implichino la considerazione di più di un singolo campo [...] Abbiamo bisogno di un approccio più semplice e unificato ai problemi scientifici, abbiamo bisogno di uomini che possano praticare la scienza - non una scienza particolare - in una parola bisogno di scienziati generalisti» (Bode et al., 1949, pp.553)

References

Attaianese, E., Rigillo M. (2020), "Ecological-Thinking and Collaborative Design as Agents of our Evolving Future", *Techne. Journal of Technology for the Architecture and the Environment*, Special Issue vol.2.

Berrizbeitia, A. (2001), "Scales of Undecidability", in Czerniak, J. (ed), *Case: Downsview Park Toronto*, Prestel Harvard Graduate School of Design, pp.117-125.

Bode, H., Mosteller, F., Tukey, J.W., Winso,r C. (2006), "The Education of a Scientific Generalist", in Fienberg, S.E., Hoaglin, D.C. (eds), *Selected Papers of Frederick Mosteller*, Springer, New York, NY, available at https://doi.org/10.1007/978-0-387-44956-2_7

Burke, A. (2007),"Redefining Network Paradigms", in Burke A., Tierney T. (eds), *Network practices: New Strategies in Architecture and Design*, Princeton Architectural Press, New York.

Capra, F. (1986), "The Concept of Paradigm and Paradigm Shift", *Re-Vision,* 9 (1).

Carpo, M. (2012), *Digital Darwinism: Mass Collaboration, Form-Finding, and The Dissolution of Authorship, Anyone Corporation* available at: http://www.jstor.com/stable/41765764

Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT Press.

Code, L. (2006), *Ecological Thinking: The Politics of Epistemic Location*, Oxford University Press, New York

Gibbons, M., Limoges, C.,Nowotny, H., Schwartzman, S., Seot, P. & Trow M. (1994), *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Sage Publication, London.

Grierson, D. (2009), "The Shift from a Mechanistic to an Ecological Paradigm", *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, vol 5, n. 5.

Guattari, F. (1989) L*es trois écologies*, Galilée, Paris.

Harman, G. (2018), *Object-Oriented Ontology: A New Theory of Everything*, Pelican Book, Penguin Random House, UK, Edizione del Kindle

Kuhn, T. S. (1962) *The structure of the scientific revolutions*, trad. it *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1969

Lazlo, E. (1985), "L'evoluzione della complessità e l'ordine mondiale contemporaneo", in Bocchi, G., Ceruti, M. (eds), *La sfida della complessità*, Feltrinelli Milano

Latour, B. (2020), *Tracciare la rotta*, Cortina Editore Milano, I ed. *Où atterrir? Comment s'orienter en politique*, Éditions La Découverte, Paris 2017.

Losasso, M. (2011), "Il Progetto come prodotto di ricerca scientifica", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 2, pp. 78-85.

Morton, T. (2013), *Hyperobjec*t, trad. It, *Iperoggetti. Filosofia ed ecologia dopo la fine del mondo*, Nero Editore Roma 2018.

Naam, R. (2013), *The Infinite Resources. The power of ideas in a finite planet*, University Press of New England

Nardi, G. (2000), "voce Tecnologie dell'Architettura", in Spagnesi G., Nardi G., *Architettura, Enciclopedia Italiana - VI Appendice,* disponibile su: https://www.treccani.it/enciclopedia/architettura

Nardi, G. (2010), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Maggioli ed. Santarcangelo di Romagna

Reed, C., Lister, N.M. (2014), *Projective Ecologies*, ACTAR, Harvard Graduate School of Design.

Settis, S. (2017), *Architettura e democrazia. Paesaggio, città e diritti civili*, Einaudi ed. Torino.

Tagliagambe, S. (1997), *Epistemologia del Confine*, Il Saggiatore, Milano.

Waldheim, C. (2006), "Strategies of Indeterminacy", in *Recent Landscape Practice*, Public 33 Spring, pp. 80-86.

Book series STUDI E PROGETTI

Books

1. Andrea Tartaglia, *Project Financing e Sanità. Processi, attori e strumenti nel contesto europeo*, 2005.
2. Daniele Fanzini (ed), *Il progetto nei programmi complessi di intervento. L'esperienza del Contratto di Quartiere San Giuseppe Baia del Re di Piacenza*, 2005.
3. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Andrea Poltronieri, *Marketing Territoriale. Piano, azioni e progetti nel contesto mantovano*, 2005.
4. Matteo Gambaro, *Regie evolute del progetto. Le Società di trasformazione urbana*, 2005.
5. Silvia Lanzani, Andrea Tartaglia (eds), *Innovazione nel progetto ospedaliero. Politiche, strumenti tecnologie*, 2005.
6. Alessandra Oppio, Andrea Tartaglia (eds), *Governo del territorio e strategie di valorizzazione dei beni culturali*, 2006.
7. Fabrizio Schiaffonati, Arturo Majocchi, Elena Mussinelli (eds), *Il Piano d'area del Parco Naturale della Valle del Ticino piemontese*, 2006.
8. Matteo Gambaro, Daniele Fanzini (eds), *Progetto e identità urbana. La riqualificazione di piazza Cittadella in Piacenza*, 2006.
9. Lorenzo Mussone, Luca Marescotti (eds), *Conoscenza e monitoraggio della domanda di mobilità nelle aree metropolitane: teoria, applicazioni e tecnologia*, 2007.
10. Luca Marescotti, Lorenzo Mussone (eds), *Grandi infrastrutture per la mobilità di trasporto e sistemi metropolitani: Milano, Roma e Napoli*, 2007.
11. Giorgio Casoni, Daniele Fanzini, Raffaella Trocchianesi (eds), *Progetti per lo sviluppo del territorio. Marketing strategico dell'Oltrepò Mantovano*, 2008.
12. Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Matteo Gambaro (eds), *Tecnologia e progetto urbano. L'esperienza delle STU*, 2008.
13. Elena Mussinelli (ed), *Il Piano Strategico di Novara*, 2008.
14. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, *Il tema dell'acqua nella progettazione ambientale*, 2008.
15. Raffaella Riva, *Il metaprogetto dell'ecomuseo*, 2008.
16. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Andrea Poltronieri (eds), *Paesaggio e beni culturali. Progetto di valorizzazione dell'Area Morenica Mantovana*, 2009.
17. Matteo Gambaro (ed), *Paesaggio e sistemi territoriali. Strategie per la valorizzazione della fascia contigua al Parco naturale della Valle del Ticino piemontese*, 2009.
18. Roberto Bolici, Andrea Poltronieri, Raffaella Riva (eds), *Paesaggio e sistemi ecomuseali. Proposte per un turismo responsabile*, 2009.
19. Fabrizio Achilli, Daniele Fanzini, Valeria Poli, Cesarina Raschiani (eds), *Popolare la città. Cento anni di case popolari a Piacenza*, 2009.
20. Giovanni Boncinelli, *Simmetria e funzione nell'architettura*, 2009.
21. Giorgio Casoni, Daniele Fanzini, *I luoghi dell'innovazione. Complessità, management e progetto*, 2011.
22. Marta Ferretti, Tamara Taiocchi, *26 Km Bergamo-San Pellegrino Terme. Strategie e progetti per la riqualificazione della ferrovia della Valle Brembana*, 2012.
23. Giorgio Bezoari, Eduardo Salinas Chávez, Nancy Benítez Vázquez (eds), *San Isidro en el Valle de los Ingenios. Trinidad. Cuba*, 2013.
24. Elena Mussinelli (ed), *La valorizzazione del patrimonio ambientale e paesaggistico. Progetto per le Corti Bonoris nel Parco del Mincio*, 2014.
25. Fabrizio Schiaffonati, *Il progetto della residenza sociale*, editor Raffaella Riva, 2014.
26. Fabrizio Schiaffonati (ed), *Renato Calamida, Marco Lucchini, Fabrizio Schiaffonati Architetti*, 2014.
27. Giovanni Castaldo, Adriana Granato (eds), *Un progetto per gli scali ferroviari milanesi*, 2015.

28. Elena Mussinelli (ed), *Design, technologies and innovation in cultural heritage enhancement*, 2015.
29. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Arturo Majocchi, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, *Tecnologia Architettura Territorio. Studi ricerche progetti*, 2015.
30. Oscar Eugenio Bellini, *Student housing_1*, 2015.
31. Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Corrado Trombetta (eds), *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione / The Architectural technology network for innovation*, 2016.
32. Paola De Joanna, *Architettura e materiali lapidei. Strategie sostenibili e processi estrattivi*, 2016.
33. Luca Mora, Roberto Bolici, *Progettare la Smart City. Dalla ricerca teorica alla dimensione pratica*, 2016.
34. Fabrizio Schiaffonati, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, *Il progetto di rigenerazione urbana. Proposte per lo scalo di Porta Romana a Milano*, 2017.
35. Raffaella Riva (ed), *Ecomuseums and cultural landscapes. State of the art and future prospects*, 2017.
36. Daniele Fanzini (ed), *Tecnologie e processi per il progetto del paesaggio. Reti e modelli distrettuali*, 2017.
37. Andrea Tartaglia, *Progetto e nuovo Codice dei contratti. Innovazioni nel processo edilizio*, 2018.
38. Roberto Ruggiero, *La versione di Rice. Cultura progettuale di un ingegnere umanista*, 2018.
39. Sergio Russo Ermolli (ed), *The Changing Architect. Innovazione tecnologica e modellazione informativa per l'efficienza dei processi / Technological innovation and information modeling for the efficiency of processes*, 2018.
40. Andrea Tartaglia, Davide Cerati (eds), *Il progetto di valorizzazione dei territori rurali metropolitani Proposte per il Sud-Abbiatense / Design for the enhancement of metropolitan rural territories Proposals for the Sud-Abbiatense*, 2018.
41. Oscar Eugenio Bellini, Andrea Ciaramella, Laura Daglio, Matteo Gambaro (eds), *La Progettazione tecnologica e gli scenari della ricerca*, 2018.
42. Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Laura Daglio (eds), *Progettare Resiliente*, 2018.
43. Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci (eds), *La Produzione del Progetto*, 2019.
44. Oscar Eugenio Bellini, *Student housing_2. Il progetto della residenza universitaria*, 2019.
45. Daniele Fanzini, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva (eds), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, 2019.
46. Eugenio Arbizzani, Eliana Cangelli, Laura Daglio, Elisabetta Ginelli, Federica Ottone, Donatella Radogna (eds), *Progettare* in vivo *la rigenerazione urbana*, 2020.
47. Sergio Russo Ermolli, *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura / Notes on cognitive and technical change between continuity and disruption*, 2020.
48. Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia (eds), *Nodi infrastrutturuali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, 2020.

E-book

Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Laura Daglio, Mattia Federico Leone (eds), *Designing Resilience*, June 2019.

Maria Azzalin, Eliana Cangelli, Laura Daglio, Federica Ottone, Donatella Radogna (eds), *Il progetto tra ricerca e sperimentazione applicata. Il contributo dei giovani ricercatori*, October 2019.

E-book Open Access

Raffaella Riva (ed), *Ecomuseums and cultural landscapes. State of the art and future prospects*, December 2017.

Daniele Fanzini, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva (eds), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, December 2019.

Associazione culturale Urban Curator Tecnologia Architettura Territorio (ed), *Una strategia per il sud-est di Milano. L'hub di Rogoredo. Progetti, operatori, infrastrutture e valorizzazione ambientale*, February 2020.

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia (eds), *Nodi infrastrutturuali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, October 2020.

Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci (eds), *Producing Project*, November 2020.

Le conseguenze del cambiamento climatico impongono di innovare i metodi del progetto ambientale alla luce di più complessi approcci al sistema di produzione della conoscenza, integrando nel livello meta-progettuale strategie e azioni per garantire più efficaci contributi ai processi di riduzione del rischio, sui quali convergono le raccomandazioni e le politiche di numerosi organismi internazionali e nazionali. Il volume *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*, è il primo dei due libri che restituiscono il lavoro della ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico,* delle *Research Units* dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, del Politecnico di Milano, della Sapienza Università di Roma, dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*, dell'Università degli Studi di Firenze, dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. La ricerca propone una ridefinizione del quadro teorico e metodologico per il progetto di adattamento climatico, individuando nella dimensione inter-scalare e sistemica le chiavi di accesso per interventi in specifici contesti urbani. Partendo da questo punto di vista, il volume inquadra in modo integrato i processi e gli strumenti della conoscenza attraverso i quali affrontare la gestione dei *topics* analitico-interpretativi a supporto delle azioni di *adaptive design*, puntando sulla interazione tra metodi di ricerca quantitativi e l'approccio euristico al progetto per la ricerca di soluzioni *site-specific*. Un sistema di indicatori definisce le condizioni di criticità legate agli impatti climatici e gli esiti *ex-post* degli interventi di rigenerazione urbana. Conclude il volume una lettura critica di casi studio internazionali e nazionali, dai quali sono state evinte prassi efficaci, trasferibili e applicabili ai contesti Italiani in ragione dei livelli inter-scalari utilizzati.

Climate change consequences require more innovation in the design process at the light of the complex approaches to the knowledge-production system, integrating project strategies and actions within the meta-design approach in order to provide effective contributions to risk reduction, and to support recommendations and policies of the many international and national bodies concerning. The volume Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design *is the first of the two books tracing the scientific report of the PRIN 2015 research* Adaptive design and technological innovations for the resilient regeneration of urban districts in climate change regime*, conducted by Università degli Studi di Napoli Federico II, Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi della Campania* Luigi Vanvitelli, *Università degli Studi di Firenze, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. The research goal is to redefine the theoretical and methodological framework of the adaptation project, looking at the systemic and multi-scaling models as the conceptual keys to base the design actions in specific urban contexts. Starting from this point of view, the volume aims at integrating processes and tools of knowledge production, merging the quantitative research methods with the heuristic design approach for providing site-specific solutions. A set of indicators depict the site conditions in terms of climate criticalities and feedbacks resulting from the urban regeneration. The book concludes with a critical reading of international and national case studies, specifically themed, from which effective, transferable and enforceable practices with appropriate multi-scaling levels have been inferred for the Italian contexts.*

Curatori
Mario Losasso
Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli
Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura e Territorio dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo
Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente
Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*

Editors
Mario Losasso
Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli
Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture and Territory, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo
Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente
Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Engineering, Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*